



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Odontología

Escuela Académica Profesional de Odontología

**Evaluación radiográfica de la edad esquelética  
mediante vértebras cervicales y su relación con los  
estadios de maduración carpal en pacientes de 8 a 15  
años de edad atendidos en la Clínica Odontológica de  
la Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

**AUTOR**

José Luis HUAMÁN GUERE

**ASESOR**

Luciano Carlos SOLDEVILLA GALARZA

Lima, Perú

2011



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Huamán, J. Evaluación radiográfica de la edad esquelética mediante vértebras cervicales y su relación con los estadios de maduración carpal en pacientes de 8 a 15 años de edad atendidos en la Clínica Odontológica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Odontología, Escuela Académica Profesional de Odontología; 2011.

---

# ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
II.1. ANTECEDENTES.....	3
II.2. BASES TEÓRICAS.....	23
1. CRECIMIENTO Y DESARROLLO.....	23
1.1 CRECIMIENTO.....	23
a. Patrón.....	24
b. Variabilidad.....	25
c. Cronología.....	25
1.1.1. VELOCIDAD DE CRECIMIENTO.....	26
1.1.2. CURVA DE VELOCIDAD DE CRECIMIENTO.....	27
1.1.3. PICO DE VELOCIDAD DE CRECIMIENTO PUBERAL.....	28
1.1.4. RELACIÓN DEL PICO DE VELOCIDAD DE CRECIMIENTO EN ESTATURA Y EL CRANEOFACIAL.....	29
1.1.5. CRECIMIENTO PUBERAL Y TRATAMIENTO ORTODÓNCICO.....	30
1.2. DESARROLLO.....	31
1.2.1. Fisiológico.....	31
1.2.2. Psicológico.....	31
2. CRECIMIENTO CRANEOFACIAL.....	31
2.1. BÓVEDA CRANEAL.....	31
2.2. BASE DEL CRÁNEO.....	33
2.3. MAXILAR.....	33
2.4. MANDÍBULA.....	35
3. EDAD CRONOLÓGICA.....	36



4. EDAD FISIOLÓGICA.....	36
4.1. EDAD DENTAL.....	37
a. Considerando la emergencia de cada diente.....	37
b. Considerando el estado de formación de su raíz.....	38
4.2. EDAD ESQUELÉTICA.....	39
4.2.1. ANÁLISIS RADIOGRÁFICO DE MANO-MUÑECA.....	41
4.2.1.1. ANATOMÍA DE MANO-MUÑECA.....	41
4.2.1.2. ESTADIOS EPIFISIARIOS E INDICADORES DE MADURACIÓN CARPAL.....	43
4.2.1.3. METODOLOGÍA CARPAL PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EDAD ESQUELÉTICA.....	47
4.2.1.3.1. ATLAS DE GREULICH Y PYLE.....	47
4.2.1.3.2. MÉTODO DE TANNER-WHITEHOUSE.....	48
4.2.1.3.3. MÉTODO DE BJÖRK, GRAVE Y BROWN.....	49
4.2.2. ANÁLISIS RADIOGRÁFICO DE VÉRTEBRAS CERVICALES.....	53
4.2.2.1. ANATOMÍA VERTEBRAL.....	53
4.2.2.1.1. CARACTERES COMUNES A TODAS LAS VÉRTEBRAS.....	55
4.2.2.1.2. CARACTERES PROPIOS DE LAS VÉRTEBRAS CERVICALES.....	58
4.2.2.1.3. II VÉRTEBRA CERVICAL: EL AXIS.....	61
4.2.2.1.3. VII VÉRTEBRA CERVICAL.....	63
4.2.2.2. INDICADORES DE MADURACIÓN CERVICAL.....	65
4.2.2.3. METODOLOGÍA CERVICAL PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EDAD ESQUELÉTICA.....	65
4.2.2.3.1. ESTÁNDARES DE LAMPARSKI.....	66
4.2.2.3.2. PUNTOS REFERENCIALES DE HELLSING.....	68
4.2.2.3.3. MÉTODO DE HASSEL Y FARMAN.....	69

4.2.2.3.4. MÉTODO DE SAN ROMÁN, PALMA, OTEO Y NEVADO.....	71
Según la concavidad del borde inferior.....	71
Según la altura del cuerpo vertebral.....	73
Según la forma del cuerpo vertebral.....	74
4.2.2.3.5. MÉTODO DE BACCETTI, FRANCHI Y McNAMARA.....	75
II.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	77
II.3.1. ÁREA Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	77
II.3.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	78
II.4. JUSTIFICACIÓN.....	78
II.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	79
II.5.1. OBJETIVO GENERAL.....	79
II.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	79
II.6. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	80
II.6.1. HIPÓTESIS.....	80
II.6.2. VARIABLES.....	80
II.6.3. COVARIABLES.....	80
II.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	81
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	83
III.1. TIPO DE ESTUDIO.....	83
III.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	84
III.2.1. Población.....	84
III.2.2. Muestra.....	84
a. Criterios de inclusión.....	84
b. Criterios de exclusión.....	85
III.3. MATERIALES E INFRAESTRUCTURA.....	85

Materiales odontológicos.....	85
Materiales de escritorio.....	85
Infraestructura.....	86
III.4. MÉTODOS.....	86
III.4.1. PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS.....	86
III.4.1.1. Selección de pacientes.....	86
III.4.1.2. Lectura radiográfica.....	86
III.4.1.3. Evaluación de la variabilidad.....	87
III.4.1.4. Criterios de evaluación.....	88
III.4.2. RECOLECCIÓN DE DATOS.....	89
III.4.3. PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	90
IV. RESULTADOS.....	91
V. DISCUSIÓN.....	111
VI. CONCLUSIONES.....	115
VII. RECOMENDACIONES.....	116
VIII. RESUMEN.....	117
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	119
X. ANEXOS.....	126

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.

Influencia del patrón en el crecimiento.....24

Figura N° 2.

Curva de velocidad de crecimiento y los estadios de desarrollo.....28

Figura N° 3.

Crecimiento de la bóveda craneal: suturas.....32

Figura N° 4.

Crecimiento de la bóveda craneal: superficie.....32

Figura N° 5.

Crecimiento de la base del cráneo.....33

Figura N° 6.

Crecimiento del complejo nasomaxilar: suturas.....34

Figura N° 7.

Crecimiento del complejo nasomaxilar: superficie.....34

Figura N° 8.

Crecimiento de la mandíbula.....35

Figura N° 9.

Anatomía de la mano y muñeca.....42

Figura N° 10.

Curva de velocidad de crecimiento y los Indicadores de Maduración Carpal.....47

Figuras N° 11 al 19.

Estadios de maduración carpal según Björk, Grave y Brown.....49 al 53

Figura N° 20.

Vista posterior y lateral de la columna vertebral.....54

Figura N° 21.

Vista superior de una vértebra típica.....55

Figura N° 22.

Vista anterior de una vértebra típica.....55

Figura N° 23.

Vista lateral de una vértebra típica.....56

Figura N° 24.

Vista lateral y sección media de las vértebras cervicales.....58

Figura N° 25.

Vista posterosuperior del axis.....62

Figura N° 26.

Vista anterior del axis.....63

Figura N° 27.

Vista medial de una sección mediosagital a través del atlas y axis.....63

Figura N° 28.

Vista superior de la séptima vértebra cervical.....64

Figura N° 29.

Representación esquemática de los estándares de Lamparski.....68

Figura N° 30.

Puntos de Hellsing.....69

Figura N° 31.

Estadios de maduración cervical según Hassel y Farman.....71

Figura N° 32.

Estadios de maduración cervical según San Román et al: concavidad del borde inferior.....72

Figura N° 33.

Estadios de maduración cervical según San Román et al: altura del cuerpo vertebral.....73

Figura N° 34.

Estadios de maduración cervical según San Román et al: forma del cuerpo vertebral.....74

Figura N° 35.

Estadios de maduración cervical según Baccetti et al.....76

Figura N° 36.

Esquema para el trazado y análisis de cefalogramas.....88

## ÍNDICE DE TABLAS

### TABLA N° 1.

Distribución de la muestra según sexo.....91

### TABLA N° 2.

Distribución de la muestra según sexo y edad.....92

### TABLA N° 3.

Distribución de la muestra según los estadios de maduración cervical y sexo.....93

### TABLA N° 4.

Distribución de la muestra según los estadios de maduración cervical y edad.....95

### TABLA N° 5.

Distribución de la muestra según los estadios de maduración cervical, sexo y edad.....96

### TABLA N° 6.

Distribución de la muestra según los estadios de maduración carpal y sexo.....97

### TABLA N° 7.

Distribución de la muestra según los estadios de maduración carpal y edad.....99

### TABLA N° 8.

Distribución de la muestra según los estadios de maduración carpal, sexo y edad.....100

TABLA N° 9.

Correlación entre los estadios de maduración cervical y carpal en el sexo masculino.....	102
--	-----

TABLA N° 10.

Grado de correlación según el Coeficiente de Spearman entre los estadios de maduración cervical y estadios de maduración carpal en el sexo masculino.....	104
---	-----

TABLA N° 11.

Correlación entre los estadios de maduración cervical y carpal en el sexo femenino.....	105
---	-----

TABLA N° 12.

Grado de correlación según el Coeficiente de Spearman entre los estadios de maduración cervical y estadios de maduración carpal en el sexo femenino.....	107
--	-----

TABLA N° 13.

Correlación entre los estadios de maduración cervical y carpal en la muestra total.....	108
---	-----

TABLA N° 14.

Grado de correlación, según el Coeficiente de Spearman, entre los estadios de maduración cervical y estadios de maduración carpal en la muestra total.....	110
--	-----



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

### GRÁFICO N° 1.

Distribución de la muestra según sexo.....91

### GRÁFICO N° 2.

Distribución de la muestra según sexo y edad.....92

### GRÁFICO N° 3.

Distribución de la muestra según los estadios de maduración cervical y sexo.....94

### GRÁFICO N° 4.

Distribución de la muestra según los estadios de maduración cervical y edad.....95

### GRÁFICO N° 5.

Distribución de la muestra según los estadios de maduración carpal y sexo.....98

### GRÁFICO N° 6.

Distribución de la muestra según los estadios de maduración carpal y edad.....99

### GRÁFICO N° 7.

Correlación entre los estadios de maduración cervical y carpal en el sexo  
masculino.....103

### GRÁFICO N° 8.

Correlación entre los estadios de maduración cervical y carpal en el sexo  
femenino.....106

GRÁFICO N° 9.

Correlación entre los estadios de maduración cervical y carpal en la muestra  
total.....109

## ÍNDICE DE ANEXOS

### ANEXO N° 1.

ESTADIOS DE MADURACIÓN CERVICAL SEGÚN HASSEL Y FARMAN.....126

### ANEXO N ° 2.

ESTADIOS DE MADURACIÓN CERVICAL SEGÚN SAN ROMÁN et al:  
CONSIDERANDO LA CONCAVIDAD DEL BORDE INFERIOR VERTEBRAL.....129

### ANEXO N° 3.

ESTADIOS DE MADURACIÓN CERVICAL SEGÚN SAN ROMÁN et al:  
CONSIDERANDO LA ALTURA DEL CUERPO VERTEBRAL.....132

### ANEXO N° 4.

ESTADIOS DE MADURACIÓN CERVICAL SEGÚN SAN ROMÁN et al:  
CONSIDERANDO LA FORMA DEL CUERPO VERTEBRAL.....134

### ANEXO N° 5.

ESTADIOS DE MADURACIÓN CERVICAL SEGÚN BACCETTI et al.....137

### ANEXO N° 6.

EQUIPO Y TÉCNICA PARA LA TOMA DE RADIOGRAFÍA CEFALOMÉTRICA.....140

### ANEXO N° 7.

ACONDICIONAMIENTO DEL NEGATOSCOPIO Y TRAZADO DE  
CEFALOGRAMAS.....141

### ANEXO N° 8.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....142

## **I. INTRODUCCIÓN.**

Ortodoncia es una especialidad en Odontología que busca el equilibrio y armonía espacial de las piezas dentarias y sus bases óseas, maxila y mandíbula, tanto en un contexto estético como funcional, contribuyendo con el fin supremo de toda ciencia médica: la salud.

En los últimos años esta especialidad muestra preocupación por el tratamiento temprano con el objeto de solucionar no sólo la malposición dental sino que le presta gran importancia a las bases óseas en las que busca reorientar su crecimiento mediante un tratamiento ortopédico-ortodóncico. Para ello es indispensable conocer el periodo de maduración biológica del individuo; la maduración biológica guarda poca relación con la edad cronológica puesto que diferentes individuos pueden presentar el mismo grado de maduración biológica en diferentes edades cronológicas; sin embargo el grado de maduración biológica puede expresarse mediante el análisis del tejido óseo, tejido dentario, características sexuales, etc., siendo la estimación de la maduración esquelética la que mejor nos explica el grado de desarrollo del ser humano. Evaluando la edad esquelética es posible encontrar el periodo en el que el individuo crece con mayor velocidad y al aplicar la terapia adecuada en dicho periodo se obtendrá excelentes resultados para el tratamiento de displasias dento-esqueléticas maxilares y/o mandibulares.

En la práctica clínica actual y en nuestro medio, la determinación de la edad esquelética se realiza mediante el análisis de mano-muñeca en la radiografía carpal, ya que este órgano presenta un gran número de huesos, cada uno con diferente grado de osificación en un momento dado, que evidencian los diferentes estadios de desarrollo, existiendo para ello varios métodos de estimación <sup>(11, 13, 14, 15, 42, 43, 44, 46)</sup>. Sin embargo en los últimos años se ha venido investigando los cambios morfológicos y dimensionales de algunas vértebras cervicales a través del tiempo y su estrecha relación con la maduración del ser

humano <sup>(12, 16, 17, 18, 21, 22, 26)</sup>; estamos por la tanto frente a otra alternativa en la determinación de la edad ósea que hace uso de las vértebras cervicales como centro de análisis, pudiendo ser éste tanto o más eficiente en relación al método óseo carpal que otorgue al ortodoncista mejores recursos para el logro de su objetivo.

El propósito del presente estudio es verificar la aplicabilidad del método de maduración cervical en la población de origen peruano, y entendiendo que dicha metodología utiliza la radiografía cefalométrica para el análisis, grandes beneficios podría traer para la Odontología nacional.

## **II. MARCO TEÓRICO.**

### **II.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.**

- **BJÖRK Y HELM (1967)** realizaron un estudio longitudinal con el objeto de predecir la edad de máximo crecimiento puberal en estatura a partir de algunos criterios de maduración como son: la osificación del hueso sesamoideo, desarrollo dental y menarquía. Para ello reunieron una muestra de 32 niños y 20 niñas a quienes luego de colocarles implantes metálicos, fueron examinados anualmente a través de radiografías en el Departamento de Ortodoncia de la Royal Dental College en Copenhague, Dinamarca. Los investigadores encontraron una elevada asociación entre la edad de máximo crecimiento puberal con la osificación del hueso sesamoideo, así como la menarquía en las niñas. El hueso sesamoideo no se osificaba después del máximo crecimiento puberal sino que por lo general lo hacía un año antes de este proceso; asimismo la menarquía no se presentaba antes de este proceso sino que lo hacía algunos meses después; el desarrollo dental por el contrario era de poco valor en la predicción del máximo crecimiento puberal ya que la erupción a nivel oclusal de los caninos y premolares (estadio DS4) especialmente en niñas, así como la erupción a nivel oclusal de los segundos molares (estadio DSM<sub>2</sub>) esto en niños podrían ocurrir varios años antes o después del máximo crecimiento esquelético puberal. Los autores concluyen que tanto la edad de máximo crecimiento puberal, la osificación del hueso sesamoideo, menarquía y desarrollo dental deben ser considerados en ortodoncia clínica. <sup>(11)</sup>

- **LAMPARSKI (1972)** realizó una tesis en la escuela de Medicina Dental de la Universidad de Pittsburg en los Estados Unidos. El propósito del estudio fue establecer un método de evaluación de la maduración esquelética a partir de vértebras cervicales. Para ello examinó 500 archivos de pacientes de los que seleccionó una muestra de 141 individuos (72 mujeres y 69 varones) cuya edades fluctuaban entre 10 y 15 años, todos ellos de raza caucásica con oclusión clase I mesomórfico y sin patología previa. Usó la radiografía cefálica lateral en las que evaluó cinco vértebras cervicales (C2 a C6). Lamparski estableció como Indicadores de Maduración Cervical a la presencia de concavidad en el borde inferior de las vértebras y a los cambios morfológicos en las mismas producto del crecimiento desigual de la altura del cuerpo vertebral. Evaluó la maduración cervical comparándola a la maduración carpal según el Atlas de Grewlich & Pyle. Finalmente propuso un atlas descriptivo de radiografías estándares concluyendo que la valoración de la edad vertebral es estadísticamente fiable, válida y clínicamente tan útil como la valoración mediante mano-muñeca.<sup>(12)</sup>
- **GRAVE Y BROWN (1976)** encontraron y estudiaron catorce eventos de osificación en la mano-muñeca en relación a la máxima velocidad de crecimiento en estatura. El estudio fue de tipo longitudinal y la muestra estuvo conformada por 52 niños y 36 niñas. Los resultados mostraron que dichos 14 eventos de osificación hallados pueden ser usados por el ortodoncista para evaluar el crecimiento en el niño. La etapa de aceleración de crecimiento puberal se dio cuando el ancho de las epífisis y diáfisis de los dedos y del radio eran del mismo tamaño asimismo cuando se produjo la osificación de los huesos pisiforme y ganchoso. La velocidad pico de crecimiento puberal ocurrió cuando las epífisis empezaron a cubrir las diáfisis de los dedos y el radio y cuando se dio la osificación del sesamoideo. La fase desacelerativa del crecimiento coincidió con la

fusión de las epífisis y diáfisis del tercer dedo, la fusión empezaba en el extremo distal de dicho dedo continuaba en su porción media y terminaba con las diáfisis y epífisis proximales. La fusión de epífisis y diáfisis del radio determinó el final de la curva de crecimiento. <sup>(13)</sup>

- **HÄGG Y TARANGER (1980)** realizaron un estudio longitudinal en 212 niños suecos, se usaron radiografías de mano y muñeca del lado izquierdo, con dichas radiografías se evaluaron tres centros de osificación: el hueso sesamoideo, la epífisis distal y media del tercer dedo y la epífisis distal del radio. Todos los cambios que ocurrían en dichos centros aparecieron primero en el sexo femenino, asimismo observaron que el desarrollo óseo de las niñas era más avanzado en comparación a los niños, sin embargo concluida la curva ellas tenían una menor maduración que los niños. Afirman que los estadios de maduración de la mano y muñeca son indicadores muy importantes en la curva de crecimiento. <sup>(14)</sup>

- **FISHMAN (1982)** realiza un estudio en el cual propone un sistema de evaluación de la edad esquelética a través de la radiografía de mano-muñeca. Para ello usó datos radiográficos longitudinales de 170 mujeres y 164 varones los cuales tuvieron registros mensuales hasta los tres meses, luego en intervalos de tres meses hasta cumplir los seis meses y finalmente cada seis meses hasta la edad adulta que en mucho de los casos fue más allá de los 25 años de edad. Las imágenes fueron proporcionadas por el Consejo de Investigación Denver así como el Departamento de Ortodoncia de la Universidad de Connecticut. El crecimiento facial se evaluó a través de la variación en longitud entre los puntos: Silla-A, Condilión-A, Silla-Gnación, Condilión-Gnación; esto al relacionar dos radiografías consecutivas. El crecimiento facial es asociado al desarrollo de mano



y muñeca observándose cinco centros de osificación que son: epífisis distal, medial y proximal del tercer dedo, epífisis media del quinto dedo, hueso sesamoideo y epífisis distal del radio. Los cambios observados en dichos centro de osificación permitieron establecer once estadios. <sup>(15)</sup>

- **O'REILLY y YANNIELLO (1988)** realizaron un estudio con el objetivo de establecer una relación entre los estadios de maduración cervical de Lamparski y el crecimiento mandibular. La muestra estuvo conformado por 13 mujeres caucásicas entre 9 y 15 años de edad que tuvieran radiografías cefalométricas anuales. Se midieron la longitud total mandibular, longitud del cuerpo mandibular y altura de la rama ascendente. El cálculo del estadio de maduración cervical fue hecho con los estándares de Lamparski. Se hicieron curvas de crecimiento para cada individuo graficadas en un eje de coordenadas en donde el eje "X" correspondía al estadio cervical y el eje "Y" al incremento en longitud. Encontraron que existe un incremento de longitud mandibular entre los estadios 1-2, 2-3, 3-4; un incremento en el cuerpo mandibular entre los estadios 1-2, 2-3; y un incremento en la altura de la rama entre los estadio 1 y 2. Asimismo afirman que los estadios 1,2 y 3 preceden al pico; el estadio 4 se relaciona al pico mientras que los estadio 4, 5 y 6 son posteriores al pico. Concluyen afirmando que existe una relación directa entre el crecimiento mandibular durante la pubertad y los estadios de maduración cervical. <sup>(16)</sup>

- **HELLSING (1991)** realiza una investigación para evaluar la correlación entre las dimensiones de las vértebras cervicales con la estatura de individuos en edades específicas de 8, 11 y 15 años. Para ello conformó una muestra de 129 individuos de los que 22 eran adultos entre hombres y mujeres, y los 107 restantes fueron

niños de ambos sexos, estos últimos se dividieron en tres grupos etarios 8, 11 y 15 años. Se usaron radiografías laterales de cráneo en las que se analizaron 5 vértebras: C2, C3, C4, C5 y C6. Se establecieron puntos de referencia en las radiografías y cefalogramas con los que se calculó los valores de ancho y altura vertebral, estas dimensiones fueron relacionadas para cada paciente respecto a su altura corporal. Se encontró una alta correlación de las dimensiones vertebrales con la talla en los niños de 8 y 11 años, mientras que no se encontró correlación en los niños de 15 años, probablemente debido a la disminución del crecimiento después del pico. Se encontró también que en las chicas de 15 años las dimensiones vertebrales eran ya las de un adulto, mientras que en los chicos de esa edad las dimensiones fueron menores a los de un varón adulto. Finalmente sugiere el posible uso de las vértebras en la predicción del crecimiento. <sup>(17)</sup>

- **HASSEL y FARMAN (1995)** propusieron un método para evaluar la edad esquelética a partir del análisis de vértebras cervicales. La muestra estuvo conformada por 220 individuos divididos en 11 grupos cada uno conformado por 10 hombres y 10 mujeres cuyas edades fluctuaban entre 8 y 18 años, todos ellos fueron de raza caucásica principalmente descendientes europeos. Las radiografías usadas fueron de mano-muñeca y cefalométrica lateral tomadas en forma simultánea; se usó el método de Fishman para determinar la maduración carpal, mientras que para la maduración cervical se usaron las vértebras C2, C3 y C4. Se consideraron dos variables: concavidad del borde inferior del cuerpo vertebral y la forma del mismo. Luego de analizados se agruparon en seis categorías. Terminan enfatizando la factibilidad del uso de estas categorías para la predicción aproximada de crecimiento esperado en un individuo. <sup>(18)</sup>

- **HIDALGO (2000)** en un estudio correlaciona los estadios de maduración carpal propuesto por Fishman con la edad cronológica y talla. Para ello reunió una muestra de 217 sujetos de origen peruano con edades entre 9 y 16 años. En sus resultados encontró una correlación entre los estadios de maduración carpal según Fishman y la edad cronológica igual a 0,81 para varones y 0,83 para mujeres, la correlación entre los Indicadores de Maduración de Fishman y talla fue de 0,84 para varones y 0,71 para mujeres; asimismo el pico máximo de crecimiento puberal se dio a los 11,11 años de edad en el sexo femenino, mientras que en el masculino a los 13,14 años; la talla promedio fue de 1,46m y 1,57m para mujeres y varones respectivamente; por otro lado encontró que el inicio del periodo de crecimiento puberal se dio 9,3 a 9,6 meses antes que el grupo reportado por Fishman en 1982, y el término de su crecimiento se produce a edades más tempranas, esto hace que el ciclo de crecimiento de la población estudiada sea probablemente más corto que la reportada en 1982, aspecto importante a considerar cuando se usan las tablas establecidas por Fishman. <sup>(19)</sup>
- **CHANG et al. (2001)** verificaron si los eventos de osificación de vértebras cervicales pueden ser usados en el cálculo de la edad esquelética con una precisión comparable a la osificación de mano-muñeca, para ello evaluaron la correlación entre ambos métodos. La muestra estuvo conformada por 503 individuos (244 varones y 259 mujeres) con edades entre 8 y 18 años, todos ellos pacientes de ortodoncia del hospital de la Universidad de Kaohsiung y hospital de la Universidad de Taiwán, se clasificaron a los individuos en base a la edad y sexo, ninguno tuvo trastorno congénito o adquirido en vértebras cervicales, mano o muñeca. El análisis carpal se hizo por el método de Fishman, mientras que el análisis cervical fue evaluado por una modificación en los criterios de Lamparski. Se estudiaron 25 radiografías cárpales y 25 cefalométricas por dos observadores

para evaluar el error interobservador, igual número de radiografías fueron analizadas para el cálculo del error intraobservador; los resultados indicaron que no existe diferencia significativa entre lecturas. Se aplicó el Coeficiente de Correlación de Spearman para evaluar la relación entre ambos métodos encontrándose un valor de 0.9730 para varones y 0.9701 para mujeres lo que significa una alta correlación entre ambos métodos tanto para varones como para mujeres. Concluyen afirmando que el Método de Maduración Cervical es confiable, reproducible y válido en la determinación de la edad esquelética durante el periodo puberal. <sup>(20)</sup>

- **SAN ROMAN et al. (2002)** realizan una investigación para observar si los cambios morfológicos vistos en las vértebras cervicales son útiles en la determinación de la edad esquelética. La muestra estuvo conformada por 958 individuos de raza caucásica-española (428 varones y 530 mujeres) todos atendidos por el Departamento de Ortodoncia de la Universidad Complutense de Madrid entre 1980 y 1996, la edad estaba comprendida entre 5 y 18 años, todos los pacientes presentaron radiografías carpal y cefalométrica, el intervalo entre radiografías no fue mayor de un mes. Todas las radiografías fueron analizadas en un negatoscopio convencional por varios observadores. Para el análisis carpal se usó el método propuesto por Björk, Grave y Brown mientras que el análisis cervical fue realizado con los métodos de Lamparski (1972) y el de Hassel y Farman (1995). Se consideraron tres variables: la concavidad del borde inferior, altura vertebral y forma del cuerpo vertebral. Se usó el coeficiente de Pearson para comparar el método de Lamparski con el método carpal de Björk obteniéndose para varones  $r = 0,77$  y para mujeres  $r = 0,84$ ; de igual modo al comparar el método de Hassel y Farman al método carpal se obtuvo para varones  $r = 0,69$  mientras que para mujeres  $0,79$ ; asimismo se correlacionó cada una de

las variables cervicales al método carpal de Björk, encontrándose una mayor correlación de la concavidad del borde inferior al método carpal. Concluyen proponiendo tres formas de evaluar la edad esquelética en función a cada una de las variables antes mencionadas, describiéndose 6 estadios para la concavidad del borde inferior, 4 para la altura vertebral y 6 estadios para la variable forma del cuerpo vertebral. <sup>(21)</sup>

- **BACCETTI et al. (2002)** realizaron un estudio con el objeto de establecer una clasificación para los estadios de maduración cervical y determinar el momento de máximo crecimiento mandibular. Para ello se evaluó a 30 individuos (18 varones y 12 mujeres) de los archivos de la Universidad de Michigan que disponían de 6 radiografías cefalométrica (dos antes del pico, 2 durante y 2 posteriores al pico). El máximo crecimiento mandibular se determinó por la longitud entre Condilión y Gnación observados en dos radiografías consecutivas. Se consideró igualmente C2, C3 y C4 en los que se observó dos variables: forma del cuerpo vertebral y presencia de concavidad en el borde inferior del cuerpo vertebral; se usaron los puntos de referencia propuestos por Eva Hellsing con los que se pudo expresar numéricamente la profundidad de la concavidad así como la forma vertebral, la misma que se determinó en base a proporciones entre borde posterior, anterior y base con lo que quedó demostrado las formas: trapezoidal, rectangular horizontal, rectangular vertical y cuadrada. Ambas variables se analizaron en 6 momentos diferentes de T1 a T6. Se usaron el test de ANOVA y el de Post-hoc Scheffe's para la nueva versión del método. No encontraron ninguna diferencia significativa en las variables entre T1 y T2 por lo que las agruparon en una sola. Finalmente proponen una versión del método cervical con 5 estadios, afirman también que el pico de velocidad de crecimiento mandibular se encuentra entre CS2 y CS3. <sup>(22)</sup>

- **GRAVE y THOWSEND (2003)** realizaron un estudio longitudinal para evaluar la aplicabilidad del método de maduración cervical en un grupo de aborígenes australianos y relacionar los eventos de osificación con el momento de máximo crecimiento mandibular y de estatura. La muestra estuvo conformada por 74 aborígenes que viven en Yuendumu (norte de Australia) y se analizaron específicamente cada uno de los 5 estadios cervicales propuestos por Baccetti y colaboradores. Encontraron que el estadio 1 era exclusivamente previo al pico de crecimiento, los estadios 2 y 3 eran los que se producían en torno al pico de velocidad de crecimiento y los estadios 4 y 5 eran post pico. Afirman igualmente que en los varones el estadio 2 parece ser el mejor momento para el inicio de tratamiento ortopédico mientras que en las niñas podría en algunos casos iniciarse antes del estadio 2. Concluyen expresando la aplicabilidad de dicho método para aborígenes del norte de Australia. <sup>(23)</sup>
- **PAREDES (2003)** realiza un estudio comparativo de los estadios de maduración carpal propuestos por Hägg y Taranger, entre niños suecos y peruanos. Para ello reunió una muestra de 54 sujetos de origen peruano entre varones y mujeres cuyas edades fluctuaron entre 8 y 17 años de edad. En sus resultados encontró una alta correlación entre los estadios de osificación y edad cronológica para los niños mestizos peruanos; asimismo observó que todos los estadios de desarrollo óseo estuvieron más adelantados en las mujeres en comparación a los varones. Afirma que los estadios de osificación que se muestra en evaluaciones realizadas en niños europeos, difieren del realizado en los mestizos peruanos, por lo que recomienda la elaboración de una escala guía. <sup>(24)</sup>

- **RAMOS (2004)** determinó el momento de aparición de los estadios de maduración esquelética en individuos peruanos del distrito de Tambo de Mora-Chincha. La muestra estuvo conformada por 180 sujetos (90 varones y 90 mujeres) comprendidos entre 8 y 16 años de edad, en quienes aplicó el Método de Maduración Carpal propuesto por Fishman. Encontró que la edad promedio para el inicio de la curva de crecimiento fue de 9,18 años en varones y 8,00 años en mujeres; asimismo encontró que el pico máximo de velocidad de crecimiento puberal en el sexo femenino se dio antes que en el masculino, en las edades de 10,83 y 13,95 años respectivamente. Concluye diciendo que existe una alta correlación entre los estadios de maduración esquelética y estatura así como los estadios de maduración esquelética y edad. <sup>(25)</sup>
- **BACCETTI et al. (2005)** presentaron una versión modificada y mejorada de el Método de Maduración Cervical respecto a su primera investigación del 2002. Para obtenerlo realizaron un estudio longitudinal en una población de 706 individuos de los archivos de la Universidad de Michigan. El máximo crecimiento entre Co-Gn leídos en dos cefalogramas anuales consecutivos permitió definir “el pico de crecimiento mandibular” en la pubertad. Se seleccionaron de la población a los que tuvieran 2 radiografías cefalométricas antes del pico, 2 alrededor del pico y 2 posteriores a él, pero tomadas en intervalos de 1 año, encontrándose finalmente una muestra de 30 individuos (18 varones y 12 mujeres). Se consideraron las vertebrae C2, C3, y C4 las que se analizaron visual y cefalométricamente en seis observaciones anuales en las radiografías cefalométricas (T1 hasta T6). Se utilizaron 2 variables: presencia o ausencia de concavidad en C2, C3, C4 y forma del cuerpo vertebral de C3 y C4. Para analizar estas variables se colocaron puntos de referencia propuestos por Eva Hellsing a los que se hizo algunas mejoras. La forma vertebral fue evaluada mediante la

proporción (C PAR; C BAR) entre los bordes posterior, anterior e inferior, determinadas entre estos puntos. Todos los valores promedios para todas las variables fueron probados por el test de ANOVA y el test de Post hoc Sheffe's. Finalmente clasifican la maduración cervical en 6 estadios de CS1 a CS6. <sup>(26)</sup>

- **CABALLERO (2005)** estableció la relación entre los estadios de maduración ósea propuestos por Fishman y la edad cronológica, con el fin de verificar la aplicabilidad de dicho método en la población peruana. Para ello reunió una muestra conformada por 194 radiografías carpales de pacientes niños entre 7 y 15 años de edad atendidos en la Clínica Odontológica de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos entre los años 2002 y 2005. Entre sus resultados encontró que la edad promedio de inicio de la curva de crecimiento para mujeres fue de 8,53 años mientras que para los varones fue de 9,42 años; asimismo observó que los estadios de maduración esquelética se presentaron en las mujeres 1,43 años adelantados con respecto a los varones. Concluye afirmando que los datos obtenidos por Fishman no son aplicables a la población peruana debido a que las edades cronológicas promedio para la aparición de cada estadio de maduración ósea durante toda la curva de crecimiento tanto para hombres como para mujeres no coincide con lo encontrado en la población peruana. <sup>(27)</sup>

- **ORTIZ et al. (2006)** realizaron un estudio con el objeto de proponer una valoración numérica a la profundidad de la concavidad en el borde inferior de las vértebras usadas en la metodología cervical. La muestra estuvo conformada por 47 pacientes (24 niñas y 23 niños) entre 5 y 12 años edad atendidos por el servicio de Ortodoncia de la Universidad Gran Mariscal de Ayacucho de



Venezuela. Para la determinación del estadio cervical se uso el método de Baccetti et al. que inicialmente consideraba 5 estadios. Se colocaron puntos referenciales propuestos por Hellsing y Baccetti con los que analizaron dos variables: concavidad del borde inferior en C2, C3, C4; y la forma del cuerpo vertebral de C3 y C4. Realizan una clasificación de la profundidad de la concavidad del borde inferior en: plano, ligeramente cóncavo (0.5 – 1.5mm) y profundo (> 2mm); aunque no logran hacer una correspondencia de dichas profundidades para cada uno de los estadios del método usado debido a la limitación etaria de su muestra, se puede observar que en el estadio uno prácticamente todos son planos, en el estadio dos C2 y C3 son ligeramente cóncavos y en pocos casos C4 también lo es. Realizan la evaluación de la forma geométrica por diferencia de magnitudes de los bordes vertebrales, definiéndose las cuatro formas: trapezoidal, rectangular horizontal, cuadrada, rectangular vertical. Asimismo encontraron que la mayoría de pacientes de 5, 7, 9 y 11 años pertenecían al estadio 1; mientras que los de 6, 10 y 12 años pertenecieron al estadio 2. Finalmente recomiendan el uso de la maduración cervical para la evaluación de la edad ósea. <sup>(28)</sup>

- **UYSAL et al. (2006)** realizaron una investigación con el objetivo de evaluar la relación entre la edad cronológica, maduración cervical y maduración carpal. La muestra estuvo conformada por 503 individuos (213 varones y 290 mujeres) con edades comprendidas entre 5 y 24 años, todos ellos de origen turco y pacientes del Departamento de Ortodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad de Selçuk. La maduración carpal se determino con el método de Björk, Grave y Brown mientras que la maduración cervical con el método de Hassel y Farman. Las lecturas fueron hechas por dos observadores, luego se calculó la variabilidad obteniéndose para la evaluación de la maduración carpal un error intraobservador

de 0,955 y un error interobservador de 0,987; para la maduración cervical un error intraobservador de 0,983 y un error interobservador de 1,0. Se usó el coeficiente de Spearman como medida de asociación entre ambos métodos. Se encontró una correlación de 0,72 entre la edad cronológica y la maduración cervical, la correlación entre la edad cronológica y la maduración carpal fue de 0,79; la correlación entre la maduración cervical y maduración carpal fue para el sexo masculino de 0,78; para el femenino de 0,88; mientras que para el total de la muestra fue de 0,86. Concluyen afirmando que debido a la alta correlación entre ambos métodos es factible el uso de la maduración cervical para la determinación de la edad ósea en individuos turcos. <sup>(29)</sup>

- **FLORES et al. (2006)** evaluaron la correlación entre los estadios de maduración ósea determinados por análisis radiográfico de mano muñeca y vértebras cervicales. El estudio fue retrospectivo y se realizó en 79 individuos (52 mujeres y 27 varones) que tenían radiografías cefalométrica y carpal. Este estudio no utiliza como variable la edad sino que la muestra es dividida en pacientes de maduración esquelética inicial, media y tardía. El análisis carpal se realizó con el método de Fishman, con el que se seleccionaron los pacientes para los tres periodos antes enumerados; mientras que el análisis de la maduración cervical consideró 5 estadios cervicales propuestos por Baccetti et al. Para evaluar la confiabilidad de las lecturas de cada método se utilizó el Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI) obteniéndose 0,985 en la lectura carpal y 0,889 en la lectura cervical. Para evaluar la relación entre ambos métodos se usó el Coeficiente de Correlación de Spearman obteniéndose un valor de 0,72; al evaluar la relación para cada periodo se encontró una correlación de 0,73 para la maduración esquelética inicial, 0,70 para la maduración esquelética media y 0,87 para la tardía. Concluyeron que

existe una correlación moderadamente alta entre ambos métodos por lo que recomiendan su uso. <sup>(30)</sup>

- **GANDINI et al. (2006)** realizaron una comparación de la maduración esquelética con el análisis de mano muñeca y vértebras cervicales. El objetivo fue evaluar el grado de correlación entre ambos métodos. El estudio fue prospectivo y se realizó en 30 pacientes (14 varones y 16 mujeres) cuyas edades estaban comprendidas entre 7 y 18 años, todos ellos sometidos a tratamiento ortodóncico. Se tomó una radiografía cefalométrica lateral y una carpal para cada paciente, 6 meses después se les volvieron a radiografiar. El análisis de mano muñeca se realizó en la radiografía carpal siguiendo el método de Björk, Grave y Brown mientras que para el análisis de la maduración cervical se consideraron los inicialmente 5 estadios propuestos por Baccetti et al. Ambos métodos fueron comparados a través del Índice de Concordancia de Cohen, para ello se redujo el número de estadios de Björk a 5 tal que se puedan relacionar a los 5 estadios cervicales, debido a que el estudio no busca identificar a cada uno de los estadios sino intervalos de crecimiento que estén antes, durante y después del pico de crecimiento. Los resultados mostraron que: el intervalo A (Björk 1- 3) se relacionó al estadio cervical I , el intervalo B (Björk 4) se relacionó con el estadio cervical II, el intervalo C (Björk 5) se relacionó con el estadio cervical III , el intervalo D (Björk 6 y 7) se relacionó con el estadio cervical IV y el intervalo E (Björk 8 y 9) se relacionó con el estadio V . La comparación muestra una concordancia de 25 pacientes (83.3%) mientras que el índice de Cohen arrojó  $0,783 \pm 0,098$ ; valores similares se obtuvieron 6 meses después por lo que concluyeron que el método de maduración cervical es eficaz y reproducible en la evaluación de la edad ósea.

<sup>(31)</sup>

- **ORELLANA et al. (2006)** estudiaron la maduración ósea según la clasificación de Helm y Björk en pacientes de la Clínica Odontológica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Lima–Perú. La muestra estuvo conformada por 80 pacientes (42 varones y 38 mujeres) con edades entre 7 y 13 años que gozaban de buena salud y cuyos padres eran de origen peruano, todos ellos pacientes de ortodoncia de la Facultad de Odontología de la UNMSM, a cada niño se le tomó radiografías carpales como parte del tratamiento ortodóncico. Los resultados mostraron que el pico de crecimiento puberal fue alcanzado en el sexo femenino a los 10,29 años mientras que en el sexo masculino se dio a los 12,12 años. Concluyen afirmando que el sexo femenino en la población peruana alcanza el pico de crecimiento en promedio dos años antes que el sexo masculino y que, en general, los niños peruanos alcanzan más precozmente el pico de crecimiento en relación a los niños europeos. <sup>(32)</sup>
- **GU y McNAMARA (2007)** analizaron el crecimiento y remodelado mandibular a lo largo de los 6 estadios de maduración cervical. El estudio fue longitudinal y la muestra estuvo conformada por 20 individuos (13 mujeres y 7 varones) 15 de los cuales fueron de clase I y 5 de clase II. Se colocaron implantes en tres sitios mandibulares tal que permitieran superponer los cefalogramas e imágenes radiográficas y evaluar con mayor acierto el crecimiento y remodelado de la mandíbula. Se dispuso de radiografías cefalométricas para cada uno de los 6 estadios de maduración cervical. Posteriormente evaluaron las dimensiones Condilión-Gonión, Gonión-Mentoniano, Condilión-Gnación, ENA-Nasión, ENA-Mentoniano, Silla-Gonión; igualmente se analizó la rotación mandibular, todo esto para cada estadio, finalmente calcularon la diferencia matemática de dichas dimensiones en intervalos consecutivos de los seis estadios. Concluyeron que el incremento máximo en longitud de la mandíbula junto a la mayor aposición ósea

en Condición se daba en el intervalo CS3–CS4, la gran rotación de la mandíbula hacia adelante se produjo debido a un mayor crecimiento posterior comparado al crecimiento anterior, el cierre progresivo del ángulo CRO (intersección entre Co-borde posterior y línea oclusal) demuestra la orientación más adelante y arriba de la rama con respecto al cuerpo mandibular. <sup>(33)</sup>

- **CORONADO (2007)** realiza un estudio con el propósito de establecer las diferencias entre los estadios de maduración ósea de la falange media del tercer dedo de la mano derecha e izquierda, para ello usó el método de maduración carpal propuesto por Abdel y Kader. La muestra estuvo conformada por 84 pacientes (54 varones y 30 mujeres) de 8 a 15 años de edad atendidos en la Clínica Odontológica de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en donde se hizo las tomas radiográficas para ambas manos. Según los resultados obtenidos la distribución de los estadios fue la misma para la mano derecha e izquierda , a excepción de los estadios H e I , en donde el estadio H de la mano izquierda tuvo tres pacientes menos en relación a la mano derecha que constituyo una diferencia no significativa. Asimismo el grupo de sexo femenino presento un mayor porcentaje de distribución uno a dos años antes que el grupo masculino. Concluye afirmando que la toma radiográfica puede realizarse tanto para la mano derecha como izquierda. <sup>(34)</sup>

- **ALKHAL et al. (2008)** realizaron un estudio con el objeto de evaluar la relación entre la edad cronológica, estadios de maduración cervical y estadios de maduración carpal. Dicho estudio fue de tipo transversal y retrospectivo en donde la muestra estuvo conformada por 400 individuos del sur de China (200 varones y 200 mujeres) cada uno con radiografía cefalométrica lateral y carpal extraídos de

los archivos del Prince Philip Dental Hospital, Universidad de Hong Kong, las edades estaban comprendidas entre 10 a 15 años para mujeres y 12 a 17 para varones. La maduración carpal fue analizada con el método de Fishman que comprende 11 estadios y la maduración cervical con los 6 estadios propuestos por Baccetti et al. El grado de correlación fue determinado con el coeficiente de Spearman, los valores obtenidos al relacionar los estadios de maduración carpal y cervical fueron altos (varones 0,9206; mujeres 0,9363); al relacionar la edad cronológica versus maduración cervical los valores fueron bajos (varones 0,7577; mujeres 0,7877); lo mismo sucedió con la edad cronológica versus maduración carpal (varones 0,7492; mujeres 0,7758). Los investigadores concluyeron que existe una alta correlación entre los estadios de maduración cervical y los estadios de maduración carpal para la población del sur de China por lo que es factible el uso de dicho método para esta población. La baja correlación entre la edad cronológica y los estadios de los otros dos métodos demuestran una vez más la ineficacia de la edad cronológica para medir la maduración esquelética. <sup>(35)</sup>

- **GUIULFO (2008)** realizó un estudio con el propósito de evaluar la edad promedio en que ocurre el pico de crecimiento puberal en una población adolescente del Centro Médico Naval de Lima-Perú. Para ello reunió una muestra de 85 adolescentes (47 mujeres y 38 varones) que atravesaban el pico de crecimiento puberal y cuyas edades fluctuaban entre 10 y 16 años; uso el método de maduración cervical propuesto por Hassel y Farman. Entre sus resultados se observa que cada estadio cervical se presenta en el sexo femenino antes que en el masculino, asimismo encontró que el promedio de edad del pico de crecimiento puberal para el sexo femenino fue de 12,04 años, mientras que para el sexo masculino fue de 13,07 años. <sup>(36)</sup>

- **STIEHL et al. (2009)** hicieron un estudio con el objetivo de comparar el Método de Maduración Cervical, Método de Maduración Carpal y edad cronológica, para la evaluación de la edad ósea. Seleccionaron para ello una muestra de 392 pacientes de ortodoncia (195 varones y 197 mujeres) comprendidos entre 7 y 18 años de edad. La determinación de la maduración óseo carpal se realizó a través del atlas de Greulich y Pyle, mientras que la maduración cervical se analizó con el método de San Román et al. y método de Lamparski. Se utilizaron radiografías carpales y cefalométricas laterales. Encontraron una alta correlación entre ambos métodos de maduración cervical y el método de maduración carpal; la correlación entre la maduración cervical y la edad cronológica fue baja; la correlación entre el método cervical de San Román y el método de Lamparski también fue alta. Concluyen afirmando que el análisis de la maduración cervical para la determinación de la edad esquelética puede reemplazar al método óseo carpal.

(37)

- **WONG et al. (2009)** realizaron un estudio de tipo retrospectivo para evaluar el Método de Maduración Cervical como indicador de la edad esquelética, para lo cual se utilizaron las radiografías cefalométrica lateral y carpal de 400 pacientes del sur de China (200 varones y 200 mujeres) cuyas edades fluctuaron entre 10 a 15 años para las mujeres y 12 a 17 años para los varones, todos ellos atendidos en el Hospital Prince Philip de la Universidad de Hong Kong. La maduración de vértebras cervicales fue evaluada por el método propuesto por Baccetti et al. que consiste en 6 estadios basados en el estudio de tres vertebras (C2, C3 y C4). La maduración carpal fue evaluado por el método de Hägg y Taranger que incluyen 8 estadios de osificación en dos sitios anatómicos: Radio y tercer dedo. Los estadios se correlacionaron con el coeficiente de Spearman encontrándose un valor de 0,9521 para varones y 0,9408 para mujeres. Además se observó que

todos los pacientes del estadio cervical III correspondían a los estadios MP3-FG y MP3-G del método carpal. Concluyeron que existe una alta correlación entre los estadios de maduración cervical y estadios de maduración carpal, por lo tanto se sugiere el uso del análisis cervical en reemplazo del análisis carpal en la determinación de la edad ósea para individuos del sur de China. Concluyen también que el mejor momento para el inicio del tratamiento ortopédico es el estadio cervical III. <sup>(38)</sup>

- **FUNDALEJ et al. (2010)** realizaron un estudio para verificar la efectividad de el Método de Maduración Cervical en la predicción del crecimiento craneofacial en etapas posteriores al pico de velocidad de crecimiento puberal. La muestra estuvo conformada por 51 varones y 125 mujeres en etapas post retención del tratamiento ortodóncico, todos ellos pacientes de la Universidad de Washington in Seattle, el promedio de edad al iniciar el estudio fue 15,75 para varones y 15,23 para mujeres y al final del mismo fue de 29,01 para varones y 28,08 para mujeres. El crecimiento craneofacial fue analizado en radiografías cefalométricas al final del tratamiento ortodóncico (T2) y por lo menos 10 años fuera de retención (T3), no hubo cirugías ni tratamiento ortodóncico adicional entre T2 y T3; se consideraron las dimensiones entre los siguientes puntos: Condilión a Gnación, Condilión a Gonión, Gonión a Gnación, Silla a Gnación, Nasión a Mentoniano, Espina Nasal Anterior a Mentoniano y Silla a Gonión. Las medidas de T2 a T3 fueron evaluadas por el test paramétrico de varianza de ANOVA así como los no paramétricos de Mann-Whitney o Kruskal-Wallis. Concluyeron que el Método de Maduración Cervical fue moderadamente eficaz para determinar el crecimiento craneofacial posterior al pico de velocidad de crecimiento puberal. <sup>(39)</sup>



- **JOHNSON et al. (2010)** utilizaron de manera eficaz los estadios de maduración cervical para estudiar la influencia de la expansión maxilar rápida (EMR) sobre los tejidos blandos de la nariz. Se trato de un estudio longitudinal y prospectivo donde la muestra estuvo conformada por 79 pacientes tratados con un expansor tipo Hyrax, la edad osciló entre 10 a 16 años y la duración del estudio fue de 6,7 meses. Los pacientes fueron divididos en pre púberes (estadios de maduración cervical 1, 2, y 3) y pos púberes (estadios 4 y 5). Los expansores fueron activados durante 35 días de iniciado el estudio luego se hizo retención por 5.7 meses. Las variables evaluadas fueron la dimensión de la base alar (distancia entre los puntos más anchos de la inserción de la nariz a los tejidos blandos) y el gran cartílago alar (distancia entre los puntos más extremos de las alas derecha e izquierda de la nariz); las que se midieron en tres momentos diferentes tanto para pre púberes como pos púberes: antes de la activación del aparato tipo Hyrax, después de la activación, y al finalizar el tratamiento. Concluyeron que la expansión maxilar rápida no influye clínicamente tanto en pre-púberes como en pos-púberes en la dimensión de los tejidos blandos de la nariz. <sup>(40)</sup>

## **II.2. BASES TEÓRICAS.**

### **1. CRECIMIENTO Y DESARROLLO.**

#### **1.1. CRECIMIENTO.**

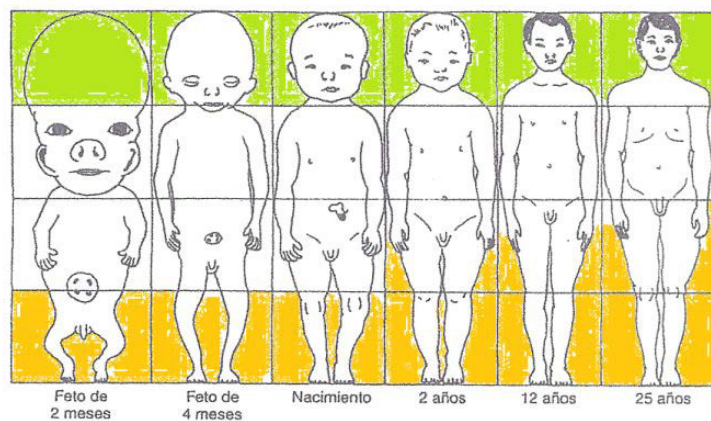
Todo odontólogo debe tener amplios conocimientos sobre el crecimiento y desarrollo y más aún del complejo craneofacial, un buen profesional podrá manipular el crecimiento facial en beneficio del paciente. Se define como el aumento de tamaño en volumen o superficie limitado en el tiempo, espacio, duración y magnitud, es un concepto puramente anatómico y cuantitativo por lo que se puede medir en unidades de masa, volumen o longitud por unidad de tiempo por ejemplo centímetros por año, gramos por día; es un proceso por el cual la materia viva se hace más grande pero siempre dentro de los parámetros de la normalidad. El crecimiento de un individuo es producto del crecimiento celular, tisular e incluso de la diferenciación de los tejidos. Las células crecen mediante Hiperplasia e hipertrofia; la hiperplasia es el aumento del número de células, mientras que la hipertrofia es el aumento del tamaño celular. Por su parte los tejidos crecen por tres procesos: Intersticial, aposicional e Intersticioapositional; el crecimiento intersticial consiste en anexar nuevos elementos celulares en los intersticios de los ya existentes, el crecimiento aposicional se basa en anexar capas superpuestas de nuevos elementos a los ya existentes por ejemplo el tejido óseo; mientras que el crecimiento Intersticioapositional, se da por la acción coordinada de ambos procesos como sucede con el cartílago.

Sin embargo el crecimiento estará regido por límites espaciales y temporales por lo que es finito y esto debido a factores como: la herencia, nutrición, enfermedades, raza, clima, factores socioeconómicos y psicosociales, ejercicios, etc. <sup>(5, 7, 9)</sup>

Crecimiento y desarrollo son conceptos complementarios e inseparables y para entenderlos mejor se debe considerar: patrón, variabilidad y cronología.

#### **a. Patrón.**

Es el conjunto de relaciones proporcionales que se encuentran en el individuo no sólo en un momento dado sino también se refieren a los cambios que experimentan esas proporciones espaciales a lo largo del tiempo. Las interacciones durante la vida entre herencia y ambiente son los que finalmente determinarán la expresión del patrón.



*Figura N° 1. Influencia del patrón en el crecimiento*

En la figura N°1 se puede observar que en un momento dado de la vida las proporciones de los órganos determinan la anatomía corporal, sin embargo a medida que pasa el tiempo dichas proporciones cambian, como puede verse mientras en el segundo mes de vida fetal la cabeza representa el 50% de la longitud del cuerpo, en la vida adulta llega al 12% debido a que el tronco y miembros empiezan a crecer con mayor intensidad es decir el crecimiento en el ser humano tiene una “gradiente cefalocaudal”.

Un aspecto importante de este patrón es su previsibilidad y es que los patrones se repiten siempre, por ejemplo las proporciones esqueléticas que se modifican con el tiempo. Sin embargo en Odontología como en otras ciencias podemos interferir

dicha previsibilidad, como lo realizado en Ortopedia dentofacial al interferir en una clase II. Un cambio en el patrón de crecimiento indicará entonces una alteración en la secuencia previsible y predecible de cambios que se esperaba en un individuo. <sup>(5, 9)</sup>

#### **b. Variabilidad.**

Se refiere a la imposibilidad de que dos individuos sean biológica y psicológicamente iguales y se rige por la genética y medio ambiente. Este concepto por lo tanto nos lleva a la reflexión ¿hasta qué punto la variabilidad esta dentro de lo normal?, ¿en qué momento una variedad puede significar una anormalidad?

**Normalidad.** Se refiere a lo que habitualmente es esperado, lo más común a los demás, lo típico en un grupo o estadísticamente definido, como es el caso de las tablas de crecimiento estandarizado.

En Odontología a menudo hemos igualado el término “normal” con ideal. Muchos de los textos manifiestan como “oclusión normal” al engranaje cuspídeo perfecto de 32 dientes permanentes, pero es poco probable que en un individuo esto se dé y seguramente un bajo porcentaje de la población la posee, por lo que desde un punto de vista estadístico dicha oclusión sería más bien anormal. El concepto de normalidad no debe ser igualado con lo ideal o deseado ni es apropiado como meta de tratamiento para un individuo. Es preferible pensar en la tendencia central del grupo. Las mediciones “normales” no se encuentran necesariamente en la población. <sup>(5, 6, 9)</sup>

#### **c. Cronología.**

Se refiere a que un mismo acontecimiento, por ejemplo el pico de crecimiento puberal, afecta a distintos individuos en momentos diferentes, para entenderlo

mejor como si los relojes biológicos de los distintos individuos funcionaran de forma diferente.

En los seres humanos las variaciones cronológicas en el crecimiento y desarrollo son especialmente evidentes durante la adolescencia. Algunos niños crecen rápidamente y maduran antes, completando su crecimiento muy pronto y apareciendo por ello en las zonas altas de desarrollo hasta que dejan de crecer y empiezan a ser alcanzados por sus contemporáneos. Otros crecen y desarrollan con lentitud y parecen quedarse detrás, aunque alcanzan con el tiempo, e incluso superan a los niños que eran más altos. Todos los niños experimentan un “estirón” durante la adolescencia pero se produce en momentos diferentes para cada individuo.

Los efectos del crecimiento como consecuencia de la variación cronológica puede apreciarse mejor en las chicas, donde la menarquía, es un excelente indicador del inicio de la madurez sexual y ésta va acompañada de una aceleración del crecimiento. <sup>(9)</sup>

#### **1.1.1. VELOCIDAD DE CRECIMIENTO.**

La autoridad del patrón de crecimiento y desarrollo desencadena cambios de proporciones a lo largo de la vida, es por ello que las diferentes estructuras del cuerpo humano crecen con diferentes velocidades a merced de dicho patrón. Estas se modifican con la edad tal que los tejidos y órganos crecen con diferente ritmo y en diferentes épocas, en consecuencia la velocidad de crecimiento general varía a lo largo de la vida. Si bien es cierto el crecimiento es ordenado hay momentos en que se intensifica y otros en que mantiene una relativa estabilidad. Durante el primer año de vida el crecimiento puede darse hasta 26 centímetros, a partir del segundo año hasta los 5 años la velocidad aproximada es de 8 centímetros por año, de los 5 hasta

los 12 la velocidad se estabiliza hasta una media de 6 centímetros por año. Sin embargo desde los 12 hasta los 14 años vuelve a acelerarse la velocidad de crecimiento hasta llegar a los 10 centímetros por año o incluso mucho más, lo que popularmente se conoce como “estirón”. <sup>(6, 7)</sup>

### **1.1.2. CURVA DE VELOCIDAD DE CRECIMIENTO.**

Es una gráfica que representa las aceleraciones y desaceleraciones que experimenta el ritmo de crecimiento, es decir los cambios de velocidad de crecimiento de un individuo a lo largo de la vida (figura N° 2). Se grafica en un plano de coordenadas donde el eje horizontal está representado por la edad en años y el eje vertical por la velocidad expresado en centímetros por año. La Curva siempre tiene forma de “S”, aunque la variabilidad, cronología, dimorfismo sexual y otros factores como las enfermedades crónicas por ejemplo, mostrarán pequeños cambios. <sup>(6, 8)</sup>

**a. Primera infancia.** Durante la etapa neonatal (las dos primeras semanas luego del nacimiento) y la primera infancia la tasa de crecimiento es extremadamente alta pero con tendencia a la desaceleración.

**b. Segunda infancia.** Se inicia con una disminución gradual de la velocidad, hasta un punto en donde el ritmo de crecimiento comienza acelerar produciéndose “el primer pico de velocidad de crecimiento” aproximadamente a los 6 y 7 años en niñas y entre 7 a 9 en niños. Después de ello la velocidad vuelve a declinar hasta un punto “velocidad mínima prepuberal”.

**c. Adolescencia.** Comienza con un “estadio de aceleración” aproximadamente entre los 10 y 12 años donde la curva vuelve a ascender hasta llegar al punto de máxima velocidad de crecimiento que es “el pico de velocidad de crecimiento puberal”, éste se da aproximadamente entre los 10,5 y 15 años de edad dependiendo del género, raza, y otros factores. A partir de aquí la velocidad decae y la curva no volverá a ascender más, sin embargo el individuo sigue creciendo

pero de una manera más lenta y en menor cantidad, hasta llegar al final de su crecimiento que ocurre dos años después del pico aproximadamente.

**d. Adultez.** Existe ausencia de crecimiento corporal total, aunque se habla de un crecimiento óseo, en un estudio realizado por Beherets quien radiografió a individuos a los 18 años y lo volvió hacer 3 décadas después encontró un mínimo crecimiento, principalmente en el sexo masculino. <sup>(6, 8)</sup>

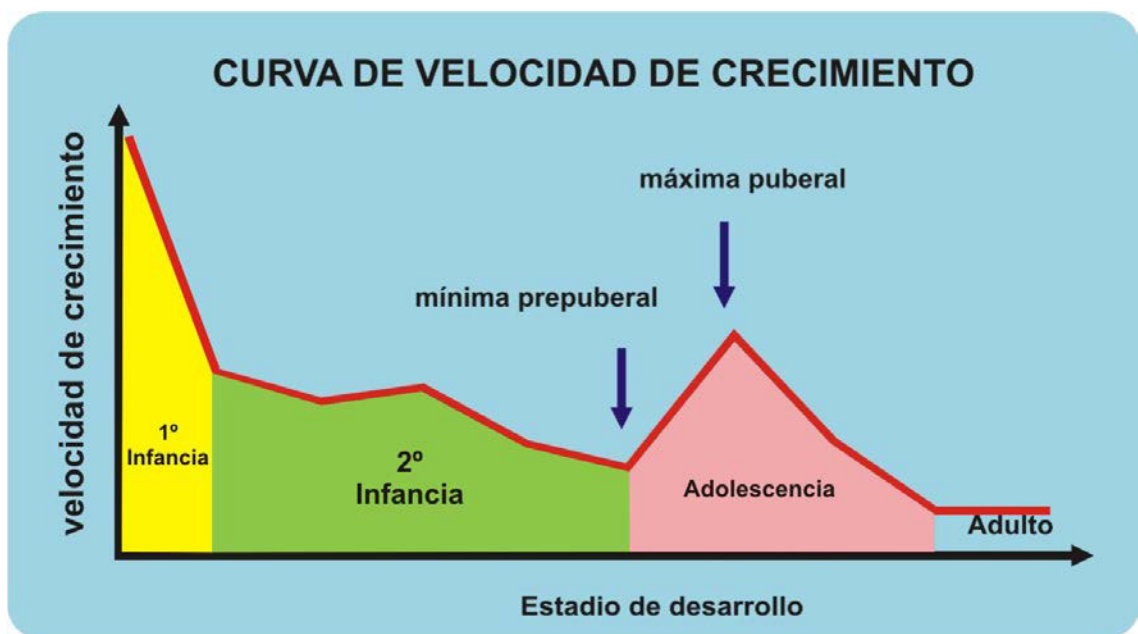


Figura N° 2. Se observa las variaciones en la velocidad de crecimiento a lo largo de los estadios de desarrollo.

### 1.1.3. PICO DE VELOCIDAD DE CRECIMIENTO PUBERAL

Es un fenómeno constante en el ser humano aunque varíe en intensidad y duración. En el sexo masculino ocurre entre 12,5 y 15 años donde la velocidad de crecimiento promedio es de 10cm/año, responsable de un crecimiento aproximado de 10 a 30 cm y un aumento de peso de 7 a 30 Kg. En el sexo femenino se inicia cerca de 2 años antes que en el sexo masculino, se extiende generalmente entre los 10,5 y 13 años de edad, y es de menor magnitud con una velocidad de crecimiento máxima de 8 cm/año.

Todos estos fenómenos en el esqueleto son más marcadas en el sexo masculino. Las niñas inician el pico de velocidad de crecimiento puberal más precozmente que los niños, ellas empiezan siendo más altas que ellos, situación que se invierte con la maduración del sexo masculino.

Además de esta diferencia de estatura en las características entre los sexos masculino y femenino, otros aspectos del pico principalmente aquellos asociados a la características sexuales secundarias, permanecen distintos entre los sexo. En el sexo masculino, además de tener una tasa de crecimiento mayor, los cuerpos se tienden a tornar más robustos.

Durante los últimos 100 a 150 años, la edad en la que ocurre el pico de velocidad de crecimiento se ha vuelto más precoz en los países industrializados. La menarquía, uno de los indicadores de maduración en el siglo XIX, en Europa ocurría en promedio a los 15 y los 17 años de edad, mientras que actualmente, este evento ocurre entre los 12,5 y los 13 años de edad. Se intenta explicar este hecho debido a la mejor nutrición, menos enfermedades, mayor exposición a la luz en las residencias modernas y el aumento en la estimulación psicosocial. <sup>(6)</sup>

#### **1.1.4. RELACION DEL PICO DE VELOCIDAD CRECIMIENTO EN ESTATURA Y EL CRANEOFACIAL.**

El aumento en la tasa de crecimiento en estatura durante el pico de crecimiento puberal, involucra también el esqueleto craneofacial. Björk verificó que la curva de velocidad de crecimiento en estatura de un individuo, es un instrumento adecuado para evaluar el crecimiento facial, debido a la proximidad entre el pico de crecimiento puberal en estatura y ciertas dimensiones faciales, como la maxilar y la mandibular. Una correlación fuerte entre el pico de crecimiento en estatura y el craneofacial, significa que el seguimiento del incremento en la estatura puede ser utilizada para determinar la época de aumento del crecimiento, tanto en estatura como



craneofacial, sin embargo en el contexto clínico raramente este seguimiento es llevado a cabo. En la gran mayoría de los casos, el clínico tiene que realizar una evaluación transversal del estadio de maduración del individuo en una única observación. Además de esto, el crecimiento en estatura por sí solo no es una indicación precisa de maduración esquelética, siendo necesaria la recolección de informaciones adicionales sobre el desarrollo dentario, el nivel de osificación, y de las características sexuales secundarias. <sup>(6)</sup>

#### **1.1.5. CRECIMIENTO PUBERAL Y TRATAMIENTO ORTODÓNCICO.**

La existencia de un pico de crecimiento craneofacial es de mucha importancia una vez que se confirman las tasas de crecimiento sustanciales en esta época, él justifica el tratamiento ortodóncico-ortopédico para corregir las discrepancias esqueléticas durante este periodo. Las investigaciones realizadas hasta ahora muestran resultados satisfactorios cuando el tratamiento es realizado durante el pico tanto para la intervención en el crecimiento maxilar y mandibular, sin embargo los movimientos ortodóncicos son más efectivos en la fase post-pico.

Cuando se considera la intensidad del pico de crecimiento en los sexos masculino y femenino, existe información que los resultados de tratamiento realizados en esta época favorecen a los niños tanto en la intervención maxilar y mandibular.

Podemos concluir entonces que la elección de la época para la aplicación de terapias que tiendan a corregir discrepancias máxilo-mandibulares significativas, debe considerar el estadio de maduración del paciente, ya que él puede influenciar decisivamente el resultado del tratamiento. Consecuentemente en los pacientes en crecimiento, se torna necesaria la elección de la época más adecuada para iniciar el tratamiento. El objetivo principal debe ser el de aprovechar el pico de crecimiento puberal craneofacial, reduciendo el tiempo de tratamiento y tornándolo más eficiente. Los tratamientos que tienden a corregir los desequilibrios esqueléticos, deben por lo

tanto tener en cuenta el estadio de desarrollo esquelético que presenta el paciente, pues los resultados estarán fatalmente relacionados a esta circunstancia. <sup>(6)</sup>

## **1.2. DESARROLLO.**

A diferencia del crecimiento que explica un aumento en dimensión, el desarrollo es el incremento gradual en la organización de un individuo, es el conjunto de cambios que lleva a una mayor complejidad, y tiene una connotación de especialización creciente. Comienza con la fecundación avanza en una dirección y termina con la muerte. <sup>(3, 6)</sup>

Este proceso tiene dos componentes:

**1.2.1. Fisiológico:** Expresa estrictamente la maduración fisiológica del individuo es decir la capacidad funcional adquirida a nivel celular, tisular, sistémico. Ahora bien la maduración fisiológica puede ser medida a través de la edad fisiológica, y está evaluada a través de diversos sistemas de tejidos como el óseo, dentario, etc., como se verá más adelante. <sup>(8, 9)</sup>

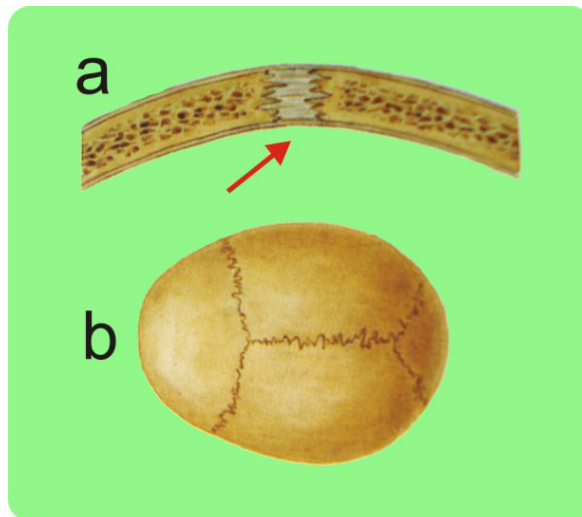
**1.2.2. Psicológico:** Involucra el grado de maduración psicológica e intelectual del individuo, la que es medida a través de test psicométricos. <sup>(8, 9)</sup>

## **2. CRECIMIENTO DEL COMPLEJO CRANEOFACIAL.**

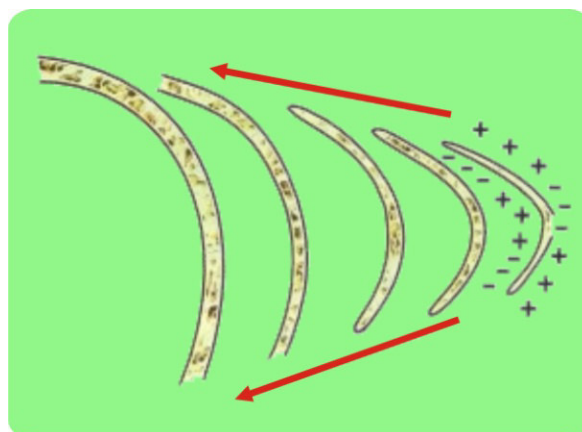
### **2.1. BÓVEDA CRANEAL.**

Está constituida por una serie de huesos planos que se originan directamente por formación de hueso intramembranoso. La remodelación y crecimiento se produce fundamentalmente en las zonas de contacto recubiertas de periostio que existen entre los huesos craneales contiguos denominadas suturas craneales (figura N°3), a pesar de su pequeño tamaño la aposición de hueso neoformado en estas suturas es el

principal mecanismo para el crecimiento de la bóveda craneal. La segunda modalidad de crecimiento se da en la superficie externa e interna (figura N°4) en donde se produce aposición y resorción respectivamente generando un proceso de remodelación. (5, 9)



*Figura N° 3. a y b muestran suturas y el crecimiento que se da en ellas*



*Figura N° 4. La superficie de la bóveda craneal crece por aposición y resorción.*

## 2.2. BASE DEL CRÁNEO.

Su osificación es de tipo endocondral. Los centros de osificación del condrocraneo aparecen en el comienzo de la vida embrionaria, al ir avanzando su osificación persisten entre los centros de osificación franjas de cartílago denominadas sincondrosis y son éstos los puntos importantes de crecimiento. Tenemos las sincondrosis: esfenooccipital, interesfenoidal, esfenoetmoidal (figura N° 5). Histológicamente una sincondrosis se parece a una placa epifisiaria de dos caras, tiene una zona de hiperplasia celular en el centro con franjas de condrocitos en maduración que se extienden en ambas direcciones y que acabaran por ser sustituidas por hueso. <sup>(5, 9)</sup>

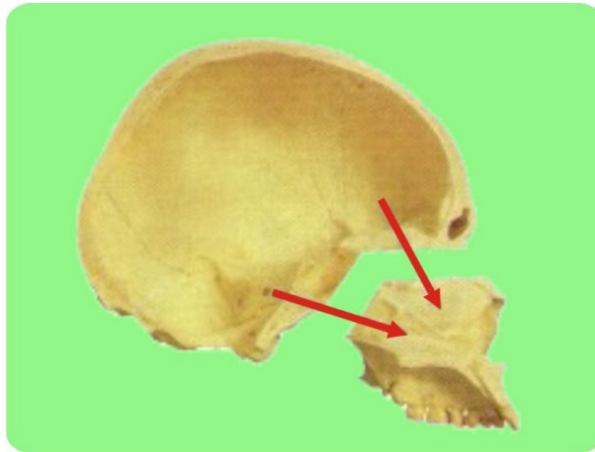


Figura N° 5. Se observa las sincondrosis, lugares de crecimiento en la base del cráneo.

## 2.3. MAXILAR (COMPLEJO NASOMAXILAR).

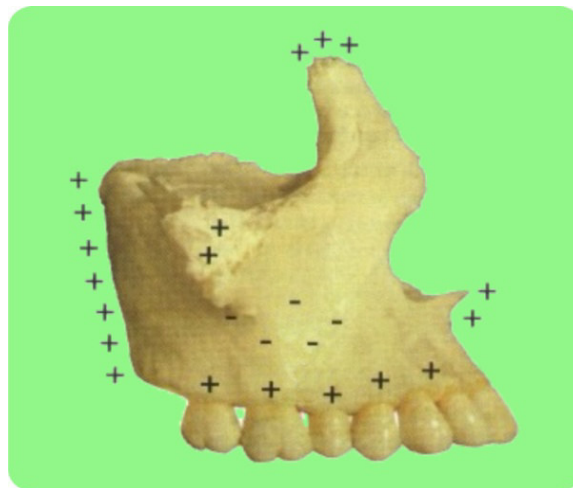
Su osificación es de tipo intramembranoso, o sea no parte de un cartílago. El crecimiento se produce por dos formas:

- a. Por aposición de hueso a nivel de las suturas que conecta el maxilar con el cráneo y su base (figura N° 6).



*Figura N° 6. Se observa el desplazamiento anteroinferior debido al crecimiento a nivel de las suturas.*

b. Por remodelación superficial (figura N° 7).



*Figura N° 7. Aposición y resorción en la superficie del complejo nasomaxilar.*

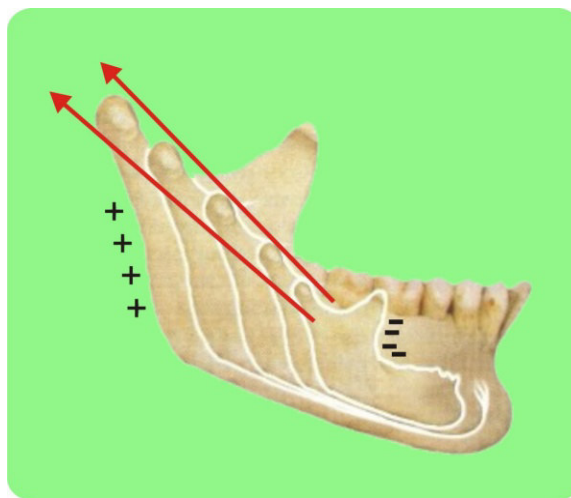
El patrón de crecimiento de la cara implica un desplazamiento “hacia abajo y adelante” en relación con el cráneo esto se lleva a cabo de dos maneras:

- i. Por un empuje posterior dado por el crecimiento de la base del cráneo, esto se da hasta los 6 años y es responsable del desplazamiento anterior.
- ii. Por crecimiento de las suturas, que se da a partir de los 7 años, este desplazamiento es estimulado por el crecimiento de tejidos blandos y es el que será aprovechado por el ortodoncista (figura N° 6).

Al producirse este desplazamiento anteroinferior, el espacio que de otra forma se abriría en la sutura se va llenando por proliferación ósea a esos niveles al mismo tiempo se va eliminando hueso en su parte anterior por el proceso antes explicado que es la remodelación. <sup>(5, 9)</sup>

## 2.4. MANDÍBULA.

Los principales puntos de crecimiento de la mandíbula son la superficie posterior de la rama mandibular y la apófisis condilar y coronoides. El cuerpo de la mandíbula se alarga por aposición perióstica de hueso en su superficie posterior, mientras que la rama mandibular crece en altura por reposición endocondral a nivel del cóndilo y por remodelación superficial. Podemos entonces concluir que la mandíbula se desplaza “hacia abajo y adelante” pero esto porque el verdadero crecimiento fue por atrás y por arriba (Figura N° 8). Sin embargo al mismo tiempo se van eliminando grandes cantidades de hueso en la superficie anterior de la misma por remodelación. Lo que en un momento dado era la superficie posterior se convierte en la zona central, y puede convertirse finalmente en la superficie anterior, al continuar el proceso de remodelación. <sup>(5, 6, 7, 9)</sup>



*Figura N° 8. Se observa al borde posterior de la rama y el cóndilo mandibular como principales zonas de crecimiento.*

### **3. EDAD CRONOLÓGICA.**

Es un concepto de tipo legal, administrativo y social. Se refiere a la cantidad de tiempo transcurrido desde el nacimiento expresado en años, meses, días, horas, y minutos.

Diferentes estudios reportados han demostrado que la edad cronológica, no es un buen indicador para señalar cualquier suceso relacionado con el crecimiento y desarrollo del individuo, trátase del organismo en su conjunto, o directamente del complejo craneofacial. Ello se manifiesta claramente al observar la gran variabilidad con la que los niños entran en la pubertad y las niñas en la menarquía; de allí que ella sea sólo un punto de referencia y se prefiera utilizar otros parámetros al estudiar ciertos eventos de suma importancia, como los cambios esperados en las dimensiones de los arcos dentarios, la formación y calcificación de las raíces de los dientes primarios y la erupción de los dientes permanentes y de manera especial en el crecimiento y desarrollo de las estructuras dentofaciales. <sup>(6, 8, 10)</sup>

### **4. EDAD FISIOLÓGICA.**

Las diferencias en el desarrollo de los niños dentro de la misma edad, entre los sexos y aún dentro de una misma familia, han llevado al concepto de edad fisiológica, que es la manera cómo se puede medir la maduración fisiológica y que define el progreso hacia la madurez del individuo. En general, ella es estimada a través de la maduración de uno o más sistemas de tejidos: dentario, óseo, características sexuales y somáticas (estatura y peso). Cada uno de ellos se expresa y evalúa independientemente y su correlación está catalogada de baja a mediana.

De allí que, si se intenta la intervención temprana de un problema ortodóncico, es de sumo interés realizar la predicción de su desarrollo a mediano y largo plazo, si fuera posible y considerar el nivel de maduración de los diferentes sistemas correlacionados y

si se puede también determinar cómo y cuánta es la magnitud de su crecimiento. Es obvio que, si todos los niños alcanzaran su nivel de maduración aproximadamente a la misma edad, sería relativamente simple realizar cualquier diagnóstico, pero la variabilidad es tan grande a ese respecto como en todo lo que se relaciona a la biología del individuo. <sup>(8)</sup>

#### **4.1. EDAD DENTAL.**

La formación, emergencia y erupción de los dientes primarios y la formación de los permanentes, son parte de un proceso continuo de maduración del individuo que ocurre desde el nacimiento hasta pasada la edad adulta.

Debemos, en primer lugar, empezar por evaluar lo más elemental de un examen clínico, contar el número de dientes (primarios y permanentes) presentes en la boca y el estado de su erupción; si están sólo en emergencia o cuánto de su corona se encuentra fuera de la encía (la mitad o tres cuartos) o si ya han llegado al plano funcional.

En general se considera que la edad dental puede ser evaluada desde dos puntos de vista: a) considerando la emergencia de cada diente y b) el estado de formación de su raíz.

##### **a. Considerando la emergencia de cada diente.**

La emergencia dentaria se considera como un indicador de madurez; pero el momento exacto en que ella sucede no se observa fácilmente, ya que su evaluación se basa en un momento preciso y específico de un diente (máximo un cuarto de su corona visible). Sin embargo ha sido ampliamente demostrada la relación entre la proporción de la formación de la raíz y el momento de su emergencia; así, cuando la raíz ha obtenido el 50% de su longitud, el diente entra en una fase activa de erupción, de lo que resulta que para evaluarla se parta de la



cantidad de raíz presente para el momento del examen inicial y los intervalos con que se realizan los controles hasta que entre en la cavidad oral cuando tiene aproximadamente el 75% de la longitud radicular.

No obstante es bastante difícil considerar la validez de este dato, debido a que es un estadio muy corto y transitorio y generalmente no se observa simultáneamente las de dos dientes en esta fase del proceso, por lo que es baja la posibilidad de que coincidan el momento de la emergencia y el de la aparición real en la boca con el día del examen, ya que los cambios se observan incluso de una semana a otra.

**b. Considerando el estado de formación y calcificación de su raíz: maduración dental.**

Ha sido estudiada mediante radiografías seriadas, que permite evaluar cada diente en particular y en cada examen, independiente de su edad cronológica, a la vez que lo podemos comparar con patrones pre-establecidos. Por otra parte esta evaluación tiene la ventaja de no estar sometida a la acción de los agentes exógenos como en el caso de la emergencia. Con el propósito de determinar la maduración dental en un niño individual, se ha dividido la formación de la corona y la raíz en cuartos, comenzando desde el inicio de la calcificación de la corona y finalizando con el cierre del ápice. Sin embargo existe diferentes factores que podrían afectar dicha evaluación, entre ellos están: a) las posibles variaciones en las proporciones de desarrollo para cada diente, b) la experiencia del operador para reconocer los estados, c) disponibilidad de registros radiográficos, d) aplicabilidad de estos patrones en poblaciones diferentes a las estudiadas. Citaremos aquí algunos de los esquemas propuestos:

- Procedimiento de Schour y Masler.
- Procedimiento de Moorrees y Fanning.

- Procedimiento de Demirjian. <sup>(8, 10)</sup>

#### **4.2. EDAD ESQUELÉTICA.**

Son un conjunto de categorías que permiten medir el grado de maduración fisiológica mediante el análisis de diferentes estructuras óseas. Se basa en la evaluación de diferentes eventos que aparecen en forma regular y secuencial durante el periodo de la madurez. Aunque teóricamente cualquier parte del cuerpo puede ser empleada <sup>(45)</sup>, en la práctica se utiliza más comúnmente los huesos del carpo especialmente después del primer año de vida debido a que posee un gran número de huesos en desarrollo, lo cual facilita el seguimiento de su maduración y sus cambios a través de los años. El uso del análisis de mano-muñeca se justifica por:

- Los cambios que ocurren en los huesos durante el proceso de maduración son similares en todas las personas y las variaciones en el tiempo de inicio de dichos cambios indican la presencia de un retardo o una aceleración del crecimiento.
- Cada centro de osificación experimenta cambios morfológicos identificables, que son determinantes de maduración.
- Todos los centros de maduración se identifican fácilmente y es posible registrarlos por medio de una radiografía.
- Fácil accesibilidad a la radiografía además de ser una zona alejada de las gónadas.

Sin embargo esta parte no puede ser tomado como rigurosamente representativa de la maduración ósea de todo el cuerpo, debido a que entre ellos existe una gran variabilidad individual y al hecho de que las radiografías deben ser de alta calidad para facilitar su interpretación, a ello se debe añadirse el componente subjetivo al hacer las comparaciones con los patrones preestablecidos en los diferentes estudios.

Se ha reportado una estrecha relación entre la edad en que ocurre el “pico de crecimiento en estatura”, las dimensiones faciales y los eventos de calcificación de mano-muñeca. Es por ello que antes de realizar alguna terapia ortodóncica en la dentición primaria o mixta el clínico debe tener presente los principios básicos del crecimiento y desarrollo del complejo craneofacial que le permita identificar los cambios que se suceden normalmente desde la niñez hasta la edad adulta a fin de poder diferenciarlos de aquellos que son producto de la terapia aplicada.

Durante el proceso de la maduración del individuo se observan diferentes periodos delimitados, encontrándose tres picos de aceleración del crecimiento: el primero ocurre aproximadamente desde el nacimiento hasta los tres años de edad, el segundo entre los 6 y 7 años en las niñas y 7 a 9 en los niños y el tercero, o circumpuberal como su nombre lo dice es cercano a la pubertad aproximadamente entre los 10,5 y 13 años en las niñas y entre los 12,5 y 15 en los varones. Pero dentro de esos periodos se observan etapas de desaceleración, en las cuales el proceso de crecimiento es más lento. Pero, en todo caso, hay que tener siempre en mente la variabilidad individual, cada niño tiene su propio ritmo de crecimiento.

Debido a que el patrón de crecimiento de los maxilares sigue la tendencia somática se ha estudiado la posibilidad de que el estado de desarrollo de otras partes del esqueleto pueden ser indicativos del estado de desarrollo facial. Así en el pico de crecimiento juvenil (7 a 9 años de edad) el maxilar experimenta un incremento de 1mm/año y la mandíbula 3mm/año; pero se considera que durante el periodo prepuberal, entre los 10 y 12 años, dicha proporción se reduce a 0,25 y 1,25 mm/año en el maxilar y la mandíbula respectivamente, para alcanzar luego su nivel más alto durante la pubertad (12 a 14 años de edad) 1,5mm/año en el maxilar y 4,5 mm/año en la mandíbula. La altura facial inferior incrementa aproximadamente 1mm/año y con ello el Pogonión se proyecta también hacia adelante y en la misma proporción. El crecimiento alveolar es en promedio de 10mm entre los 4 y 20 años. <sup>(7, 8, 10)</sup>

#### **4.2.1. ANÁLISIS RADIOGRÁFICO DE MANO MUÑECA.**

La radiografía de mano y muñeca ofrece al ortodoncista datos, que interpretados en su totalidad, proporcionan la edad ósea del paciente; cuando son interpretados en forma individual permiten la estimativa del estadio de desarrollo de los diferentes huesos con relación al surto de crecimiento puberal (SCP) que, según Björk, ocurren en un periodo de dos años y traducen la época en que el niño alcanza su mayor desarrollo y maduración de las dimensiones craneofaciales. Para entender el análisis de la maduración carpal se empezará con la anatomía de mano y muñeca. <sup>(6, 7, 8)</sup>

##### **4.2.1.1. ANATOMÍA DE LA MANO Y MUÑECA.**

Cualquier mano puede ser utilizado para la lectura de la edad ósea, sin embargo la mano izquierda ha sido empleada con mayor frecuencia debido a estar menos propensa a afecciones <sup>(7, 8)</sup>. Para reforzar esta elección están los estudios comparativos realizados entre la maduración ósea de ambas manos que reportaron diferencias no significativas <sup>(34)</sup>.

La muñeca está compuesta de dos huesos largos, el radio y el cubito, cada uno con sus epífisis distales. La mano está formada por 27 huesos, además de los sesamoideos y se divide en tres partes: carpo, metacarpo y dedos (figura N° 9).

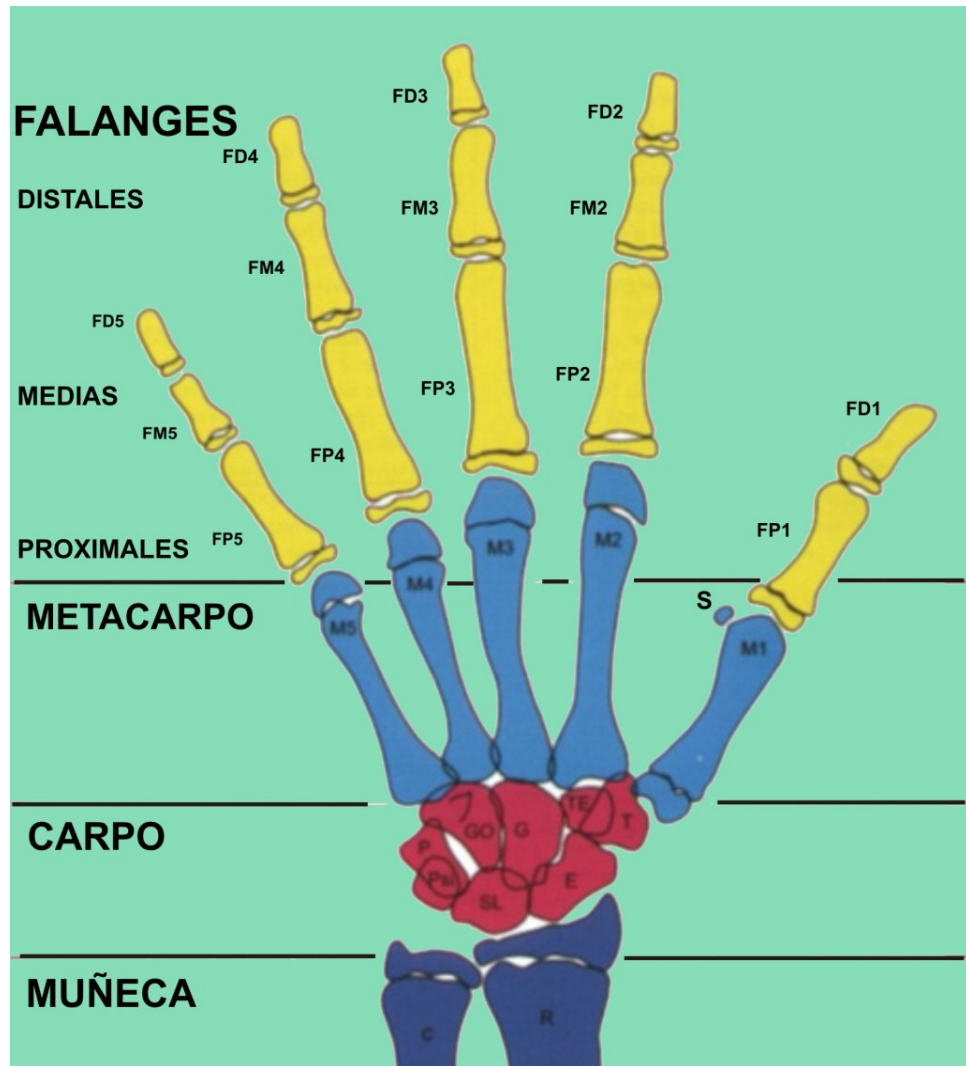


Figura N° 9

## CARPO.

Tiene una forma rectangular con un diámetro transversal predominando sobre el vertical. El carpo está constituido por 8 huesos dispuestos en 2 filas. La fila superior o proximal está compuesta por 4 huesos que son de afuera hacia adentro: escafoides, semilunar, piramidal, y pisiforme. La otra fila está formada por los huesos trapecio, trapezoide, hueso grande y ganchoso o hamatum (figura N°9). Todos esos huesos están formados por una masa de tejido esponjoso cubierto por una delgada capa de tejido compacto y presentan forma cuboide. <sup>(7, 8)</sup>

## **METACARPO**

Formado por 5 huesos largos con sus epífisis (extremidad) y diáfisis (región media del hueso), y enumerados de 1 a 5 de afuera hacia dentro (figura N° 9). La epífisis del metacarpo 1 es proximal mientras que las demás son distales (M1, M2, M3, M4, M5). Junto a la parte interna y distal del metacarpo 1 se encuentra el hueso sesamoideo medial (aductor sesamoideo) siendo el flexor sesamoideo de difícil visualización. <sup>(7, 8)</sup>

## **DEDOS**

Son en número de 5 teniendo cada uno 3 falanges con sus epífisis proximales (figura N° 9).

- Falange proximal: FP1, FP2, FP3, FP4, FP5.
- Falange media: FM2, FM3, FM4, FM5.
- Falange distal: FD1, FD2, FD3, FD4, FD5.

El dedo pulgar es el único que tiene solamente dos falanges: falange proximal y falange distal. Los dedos mantienen la misma numeración del metacarpo. <sup>(7, 8)</sup>

### **4.2.1.2. ESTADIOS EPIFISIARIOS E INDICADORES DE MADURACIÓN CARPAL.**

Se denomina Estadio Epifisiario al grado de osificación del cartílago de crecimiento, localizado entre la epífisis y la diáfisis, es decir la manera por la que la epífisis se inicia, crece y se une a la diáfisis de los huesos largos. Estos estadios epifisiarios ocurren primero en las falanges distales, después en las proximales y por último en las falanges medias. También la secuencia de ocurrencia de estos fenómenos epifisiarios en los dedos aparece primero en el pulgar y va en dirección al meñique.

Radiográficamente en huesos muy jóvenes, las epífisis no son visualizadas. Enseguida, aparece un pequeño punto de osificación que va aumentando en lateralidad hasta llegar a la misma anchura que la diáfisis. A partir de ahí, la epífisis comienza a emitir una prolongación lateral (cubrimiento), después la porción central del cartílago va siendo sustituida por la fusión ósea (fusión inicial) y finalmente se observa una fusión total.

El momento de inicio de la pubertad es extremadamente variable para individuos normales. Varios factores contribuyen para esta variación, que se torna mayor para poblaciones genéticamente heterogéneas, con inmigrantes de diferentes orígenes étnicos, hecho que refuerza la necesidad de analizar individualmente al adolescente.

Los Indicadores de Maduración Carpal por su parte son un conjunto de eventos que se dan a nivel de los huesos del carpo, falanges y epífisis del radio, los cuales manifiestan diversos grados de osificación esquelética, permitiendo el reconocimiento desde el inicio hasta el final del surto de crecimiento puberal, este periodo dura aproximadamente 2 años ya que el pico de velocidad de crecimiento puberal ocurre aproximadamente 1 año después del inicio del surto de crecimiento puberal. (Figura N° 10)

**FD=** Epífisis de las falanges distales con la misma anchura que las diáfisis. Faltan aproximadamente 2 años para el inicio del surto de crecimiento puberal (SCP).

**FP=** Epífisis de las falanges proximales con la misma anchura que las diáfisis. Falta aproximadamente 1 año para el inicio del surto de crecimiento puberal (SCP).

**FM=** Epífisis de las falanges medias con la misma anchura que las diáfisis. Faltan aproximadamente 4 a 6 meses para el inicio del surto de crecimiento puberal.

**G1** Inicio de la aparición del gancho radiopaco del hueso ganchoso. Este estadio determina el inicio del surto de crecimiento puberal y es la época adecuada para el inicio de los tratamientos ortodóncicos, pues es el momento en que el crecimiento se hace más intenso en dirección al pico de velocidad de crecimiento puberal (PVCP).

**Psi** Visualización del hueso pisiforme. La osificación de este hueso puede ser utilizada como indicador del inicio de la adolescencia.

**R=** Epífisis del radio con la misma anchura que la diáfisis. Según Grave y Brown, esos tres eventos (G1, Psi y R=) en la mayoría de los individuos preceden al pico de velocidad de crecimiento puberal.

**FDcap** Cubrimiento epifisiario de las falanges distales.

**S** Visualización del hueso sesamoideo. Localizado entre la región distal del metacarpo 1 y la epífisis de la falange proximal del pulgar (unión metacarpofalángica del dedo pulgar). Su osificación se inicia 6 meses después del inicio del surto de crecimiento puberal. El sesamoideo nunca surge después del pico de velocidad de crecimiento puberal y su imagen radiográfica con contornos definidos indica que el pico ya ocurrió.

**G2** Gancho radiopaco nítidamente visible en el cuerpo del hueso ganchoso. Faltan aproximadamente 3 meses para el pico de velocidad de crecimiento puberal.

**FPcap** Cubrimiento epifisiario en las falanges proximales.



**FMcap** Cubrimiento epifisiario en las falanges medias. Los estadios FPcap y FMcap corresponden al pico de velocidad de crecimiento puberal e indican que ya transcurrió 1 año dentro del surto de crecimiento puberal. Los aparatos extrabucales y ortopédico-funcionales ya deben haber alcanzado sus objetivos.

**Rcap** Cubrimiento epifisiario en el radio. Ya transcurrieron aproximadamente 3 meses después del pico de velocidad de crecimiento puberal.

**M** Momento de la menarquía. Es un excelente indicativo de que el surto de crecimiento puberal ya está cerca de su final (faltan aproximadamente 6 meses para el final del surto).

**FD ui** Inicio de la unión epifisiaria en las falanges distales. Este estadio está altamente relacionado con la menarquía.

**FP ui** Inicio de la unión epifisiaria en las falanges proximales.

**FM ui** Inicio de la fusión epifisiaria en las falanges medias.

**FD ut** Unión total epifisiaria en las falanges distales. Indica el final del surto de crecimiento puberal, pero no el final del crecimiento.

**FP ut** Unión total epifisiaria en las falanges proximales.

**FM ut** Unión total epifisiaria en las falanges medias.

**R ut** Unión total epifisiaria en el radio. Indica el final del crecimiento en la maxila. Sin embargo el crecimiento en estatura y de la cabeza de la mandíbula sólo cesa 1 ó 2 años después de la unión total del radio. <sup>(7)</sup>

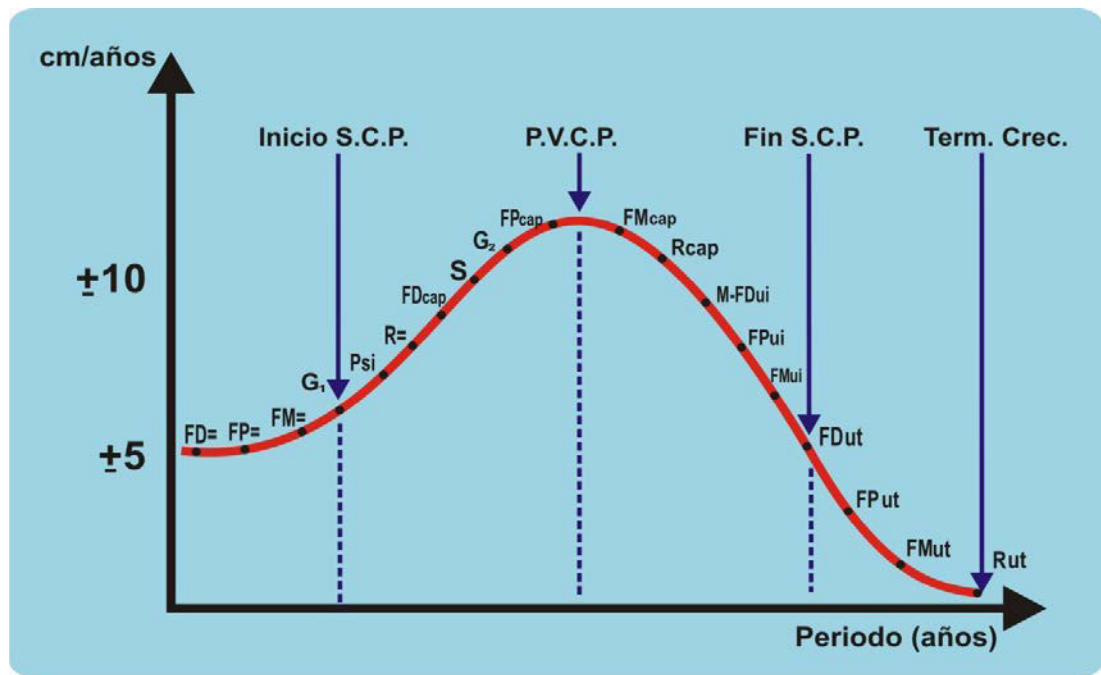


Figura N° 10. Curva de velocidad de crecimiento y los Indicadores de Maduración Carpál.

#### 4.2.1.3. METODOLOGÍA CARPAL PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EDAD ESQUELÉTICA.

##### 4.2.1.3.1. ATLAS DE GREULICH Y PYLE

Contiene aproximadamente 60 estándares radiográficos, cada uno de los cuales representa la maduración ósea típica, considerando la edad y sexo desde el periodo post-natal hasta la madurez. Los estándares se establecieron cada tres meses en los primeros 18 meses, seis de los cuales hasta el quinto año y anualmente de allí en adelante. Cada estándar es acompañado de una descripción de los indicadores de madurez que ocurren típicamente tanto en niñas como niños de una determinada edad cronológica. Contiene además tablas medias y desviaciones estándar de la edad ósea lo cual es una información útil para determinar el grado de retraso o aceleración de la maduración esquelética en desviaciones estándar comparadas con la edad cronológica.

Se recomienda utilizar la mano izquierda. Se debe comparar cuidadosamente la radiografía carpal con la ilustración del Atlas y con el estándar del mismo sexo y edad cronológica más cercana. Una vez encontrado el estándar que superficialmente se parece más a la radiografía del individuo, se debe hacer una evaluación más detallada de los huesos y epífisis individualmente.

Los autores recomiendan que la valoración se realice siguiendo una forma secuencial habitual, comenzando por los extremos distales del cubito y el radio, procediendo luego con el carpo, metacarpo y falanges. Sugieren también evaluar el carpo en el orden en que los huesos aparecen normalmente: grande, ganchoso piramidal semilunar, escafoides, trapecio, trapecoide y por último el sesamoideo, que normalmente aparece varios años después del pisiforme.

Si el hueso evaluado en la radiografía está en la misma fase de desarrollo del estándar seleccionado debe darse la edad esquelética asignada a ese hueso que aparece en la página contraria a la ilustración. Si parece como menor o más adelantada debe asignársele la edad del hueso en el estándar donde esté más parecido o coincida con los criterios del mismo.

Hay que tener en cuenta que, la maduración está influenciada por factores genéticos y ambientales, es recomendable la adaptación de los estándares a cada población. <sup>(8, 10)</sup>

#### **4.2.1.3.2. MÉTODO DE TANNER-WHITEHOUSE.**

En 1962 Tanner, Whitehouse y Healey describen un nuevo método para valorar la maduración esquelética dándole al método una sólida base matemática. Los autores identificaron 8 etapas de maduración en cada uno de los huesos de la mano. Para medir el estado de maduración de cada uno de los huesos se compara con el estándar correspondiente y se le ubica en la etapa más parecida en una escala del 1 al 8. A cada etapa se le asigna un valor determinado de

manera que la suma de todos los valores constituye el indicador de la maduración esquelética. El grado de maduración se convierte en “edad ósea” por medio de tablas en las que se relaciona la edad cronológica con el grado de maduración para niños y niñas. Este primer método de TW1 fue sustituido por el TW2 que separó la maduración del carpo y de los del cúbito, radio y huesos cortos (1, 3 y 5 dígitos) y fue llamado RUS. La más reciente edición TW3 aparece en el año 2001 en donde los autores cambian los valores referenciales y tablas de RUS a una data más reciente al tomar en cuenta la tendencia secular de la población que acusa cambios en una manera más temprana. (8, 10)

#### 4.2.1.3.3. MÉTODO DE BJÖRK, GRAVE Y BROWN.

Divide el proceso de maduración de los huesos de la mano en 9 estadios, comprendidos entre 9 y 17 años. El estudio incluye seis características de osificación adicionales según el aporte de Grave y Brown (1976) que le confiere más precisión a la determinación de la edad ósea. Tiene la ventaja sobre otros que no necesita atlas específico para comparaciones los cuales no siempre están al alcance de los clínicos.

**Primer estadio: PP2=** Es el inicio de la calcificación. Se caracteriza por que la epífisis de la falange proximal del dedo índice (PP2) muestra igual anchura que la diáfisis. Comienza aproximadamente 3 años antes del pico de velocidad máximo de crecimiento puberal.

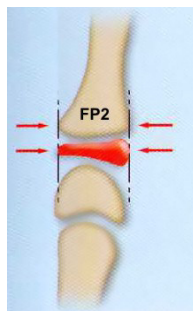
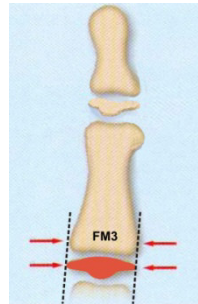


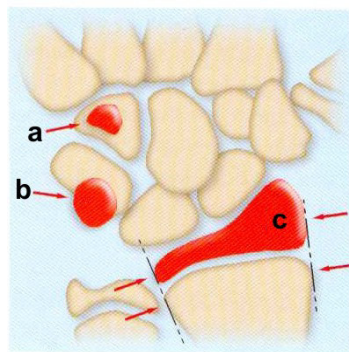
Figura N° 11. Estadio PP2=

**Segundo estadio: MP3=** La epífisis de la segunda falange o falange media del tercer dedo (MP3) muestra el mismo ancho que la diáfisis.



*Figura N° 12. Estadio MP3=*

**Tercer estadio: Psi, G1 y R=** Se valora de acuerdo a estas tres características de osificación que aparecen de modo secuencial pero bastante próximos. Psi: visualización del hueso pisiforme; **G1**: inicio de la osificación de la apófisis unciforme (gancho radiopaco) del hueso ganchoso; y **R=** : epífisis y diáfisis del radio son equivalentes.



*Figura N° 13. a: apófisis unciforme, b: hueso pisiforme, c: epífisis del radio*

**Cuarto estadio: S y G2** Se alcanza poco antes o al inicio del brote de crecimiento puberal (SCP). **Estadio S** es el inicio de calcificación del hueso sesamoideo cubital metacarpofalángico del pulgar. **Estadio G2** que es la osificación avanzada de la apófisis unciforme del hueso ganchoso.

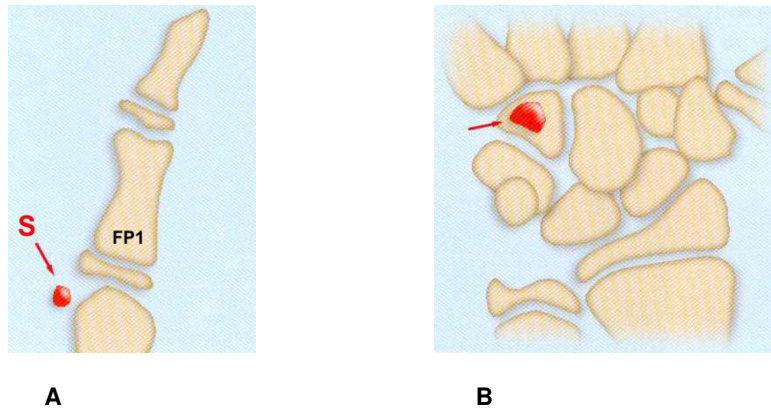


Figura N° 14. **A** muestra el estadio S, **B** muestra el estadio G2

**Quinto estadio: MP3 cap, PP1 cap, R cap.** Esta fase coincide con el pico de velocidad de crecimiento puberal. En la falange media del tercer dedo, la epífisis cubre en forma de capuchón a la diáfisis (Mp3 cap); cubrimiento en la falange proximal del primer dedo (PP1); cubrimiento de la epífisis a la diáfisis en el Radio.

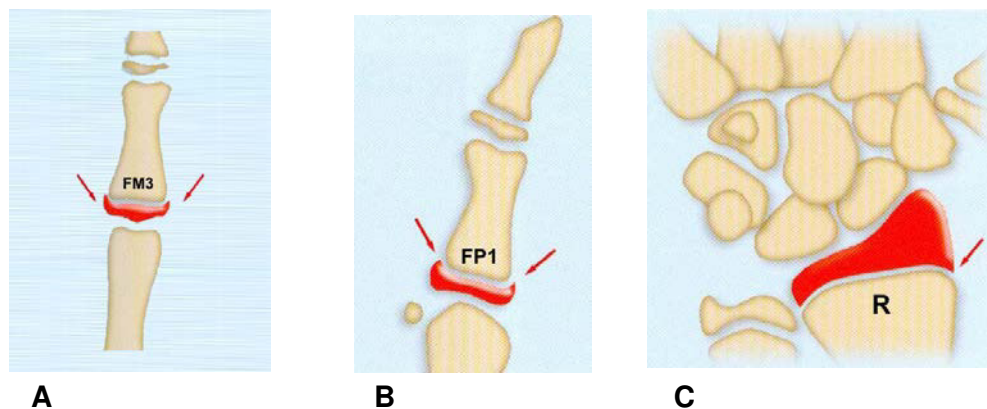
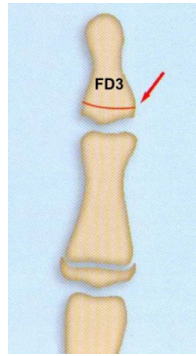


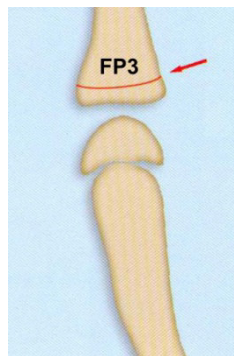
Figura N° 15. **A** muestra MP3cap, **B** muestra PP1cap, **C** muestra estadio Rcap

**Sexto estadio: DP3u** Es la fusión visible de la diáfisis y epífisis de la falange distal del tercer dedo. Al alcanzar este estadio termina el brote de crecimiento puberal.



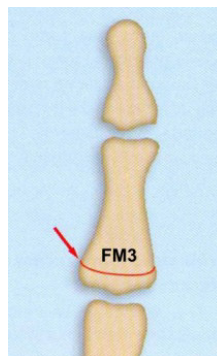
*Figura N° 16. Estadio DP3u*

**Séptimo estadio PP3u** Se observa la fusión visible de la epífisis y diáfisis de la falange proximal del dedo medio.



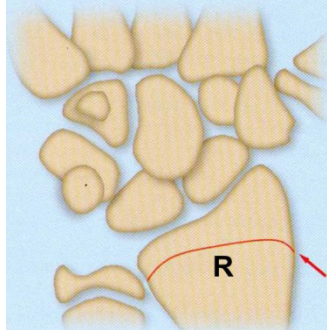
*Figura N° 17. Estadio PP3u*

**Octavo estadio MP3u** Muestra la fusión visible de la epífisis y diáfisis de la segunda falange del tercer dedo.



*Figura N° 18. Estadio MP3u*

**Noveno estadio R u** Se observa la osificación completa de la epífisis y diáfisis del radio. Se da por terminado la osificación de todos los huesos de la mano y del crecimiento óseo. (8, 10)



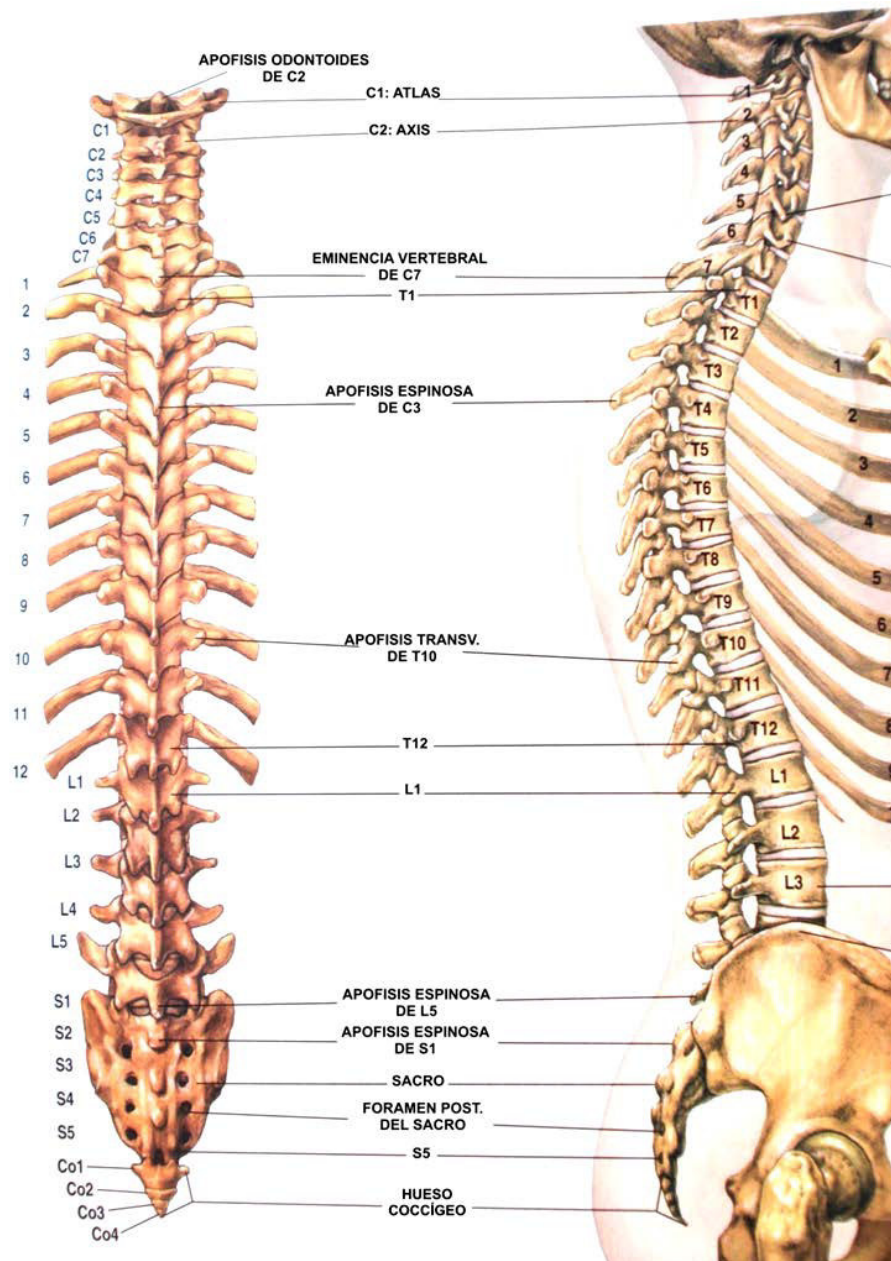
*Figura N° 19. Estadio Ru*

#### **4.2.2. ANÁLISIS RADIOGRÁFICO DE VÉRTEBRAS CERVICALES.**

##### **4.2.2.1. ANATOMÍA VERTEBRAL.**

La columna vertebral o columna raquídea o mas abreviadamente raquis, es un tallo óseo , situado en la línea media y parte posterior del tronco, que sirve de vaina protectora a la médula espinal y de puntos de apoyo a gran número de vísceras. Esta columna ocupa sucesivamente yendo de arriba hacia abajo: el cuello, el dorso, la región lumbar, la pelvis. De ahí su división clásica pero puramente artificial en cuatro porciones: porción cervical, porción dorsal, porción lumbar, porción pélvica o sacrococcígea. La columna vertebral está esencialmente formada por una serie de elementos óseos discoideos y superpuestos de manera regular denominados vértebras. En el hombre se cuenta 33 ó 34 de éstas distribuidas del siguiente modo: siete vértebras cervicales, doce dorsales, cinco lumbares, cinco sacras y cuatro a cinco coccígeas, estas últimas pierden su individualidad y se sueldan entre sí para formar dos huesos: sacro y cóccix (figura N° 20).





*Figura N° 20. Vista posterior y lateral de la columna vertebral*

Cualquiera sea la región a la que pertenezcan, las vértebras presentan caracteres generales, además en cada una de las tres regiones, cervical, dorsal y lumbar las vértebras presentan caracteres particulares que permiten distinguirlas de una y otra región, por último en cada región hay algunas vértebras que ofrecen características especiales denominados caracteres individuales; a continuación se detalla los caracteres generales de toda vértebra, los caracteres particulares de las vértebras cervicales, y los caracteres individuales de algunas vértebras cervicales. <sup>(1, 2, 4)</sup>

#### 4.2.2.1.1. CARACTERES COMUNES A TODAS LAS VÉRTEBRAS

En toda vértebra se encuentra esencialmente: un cuerpo vertebral, agujero o conducto vertebral, la apófisis espinosa, apófisis transversa, apófisis articulares, láminas y pedículos. (Figuras N° 21, 22 y 23).

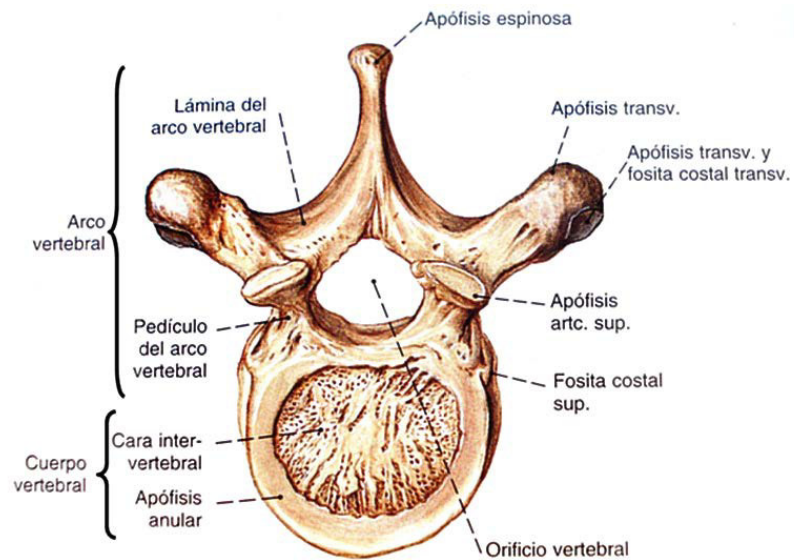


Figura N° 21. Vista superior de una vértebra típica

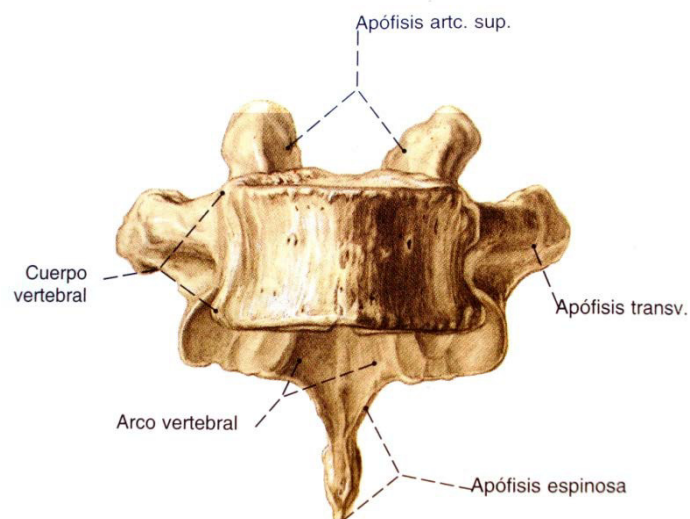
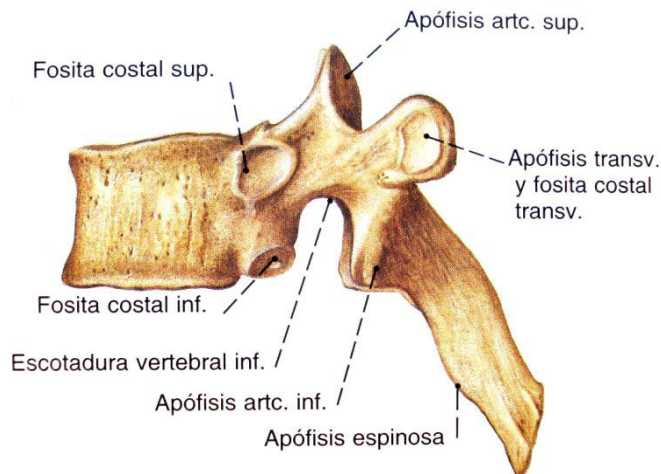


Figura N° 22. Vista anterior de una vértebra típica.



*Figura N° 23. Vista lateral de una vértebra típica.*

**Cuerpo de la vértebra.** Es la porción más voluminosa, la que da a la columna solidez y resistencia. Tiene forma de un cilindro y en él encontramos dos caras una superior y otra inferior, las que presentan en su centro una superficie acribillada por pequeños agujeros; la circunferencia da la vuelta al cuerpo y esta excavada en sentido vertical por delante y por los lados presenta por esta causa un canal horizontal dirigida del uno al otro lado. Por detrás es plana o ligeramente en sentido transversal, y forma la pared anterior del orificio vertebral. En la parte media de la circunferencia se observan una serie de orificios que están destinados a dar paso a los conductos venosos que conducen a las venas longitudinales del raquis (figuras N° 21, 22 y 23).

**Agujero vertebral.** Comprendido entre la cara posterior del cuerpo de la vértebra y la apófisis espinosa, el agujero tiene forma de un triángulo, cuyos ángulos más o menos redondeados tienden a darle la forma circular. Los agujeros vertebrales, superponiéndose, forman en su conjunto un largo conducto llamado el conducto raquídeo, en el cual se aloja la médula espinal y sus anexos (figura N°21).

**Apófisis espinosa.** Situada en la línea media lo mismo que el cuerpo de la vértebra, la apófisis espinosa se dirige directamente hacia atrás en forma de una larga espina, por eso el nombre que lleva. Se distingue en ella: una base, que le une a la vertebra; un vértice, que llega a ponerse en contacto con la piel; dos caras laterales, que se relacionan con los músculos espinales; el borde superior y el borde inferior (figuras N° 21 y 23).

**Apófisis articulares:** llamadas así porque sirven para la articulación de vértebras entre sí, son cuatro: dos superiores o ascendentes, y dos inferiores o descendentes. Situados simétricamente a cada lado del agujero vertebral. Las apófisis articulares superiores se articulan con las apófisis articulares inferiores de la vértebra inmediata superior y viceversa (figuras N° 21, 22 y 23).

**Apófisis transversa.** Son dos el izquierdo y el derecho, ambos se dirigen hacia afuera, al igual que la apófisis espinosa, tiene una base, un vértice, dos caras: anterior y posterior, dos bordes: superior e inferior (figuras N° 21, 22 y 23).

**Pedículos.** Son dos porciones óseas delgadas y estrechas que unen la apófisis transversa a cada lado y las dos apófisis articulares correspondientes a la parte posterior y lateral del cuerpo vertebral de este modo los pedículos limitan por los lados al agujero vertebral. Sus dos bordes no son rectilíneos sino que describen dos curvas, éstas conforman dos escotaduras: una superior y otra inferior, estas escotaduras se corresponden con las similares de las vértebras inmediatas conformando así una serie de orificios que dan entrada al agujero raquídeo y se denominan agujeros de conjunción (figura N° 21).

**Láminas vertebrales.** Son dos una derecha y otra izquierda. Son de aspecto aplanado y cuadrilátero y constituyen la mayor parte de la pared posterior y lateral del agujero raquídeo (figura N° 21). Cada lámina posee una cara anterior, que mira a la médula; una cara posterior, cubierta por los músculos espinales;

dos bordes, uno superior y otro inferior; un extremo interno, que se confunde con la base de la apófisis espinosa; y por último un extremo externo que se suelda algunas veces con la apófisis transversa y otras con las apófisis articulares. Desde el punto de vista de su dirección las láminas vertebrales no son verticales, sino ligeramente oblicuas hacia abajo y atrás. <sup>(1, 2)</sup>

#### 4.2.2.1.2. CARACTERES PROPIOS DE LAS VÉRTEBRAS CERVICALES.

Una vértebra cervical presenta caracteres particulares que la distinguen muy claramente de una vértebra dorsal o lumbar. Las siete vértebras cervicales son las vértebras móviles más pequeñas y se identifican por sus apófisis transversas que están perforadas por un agujero (figura N° 24). La I, II y VII vertebras tienen características individuales y se consideran aisladamente, el resto responde a un tipo común.

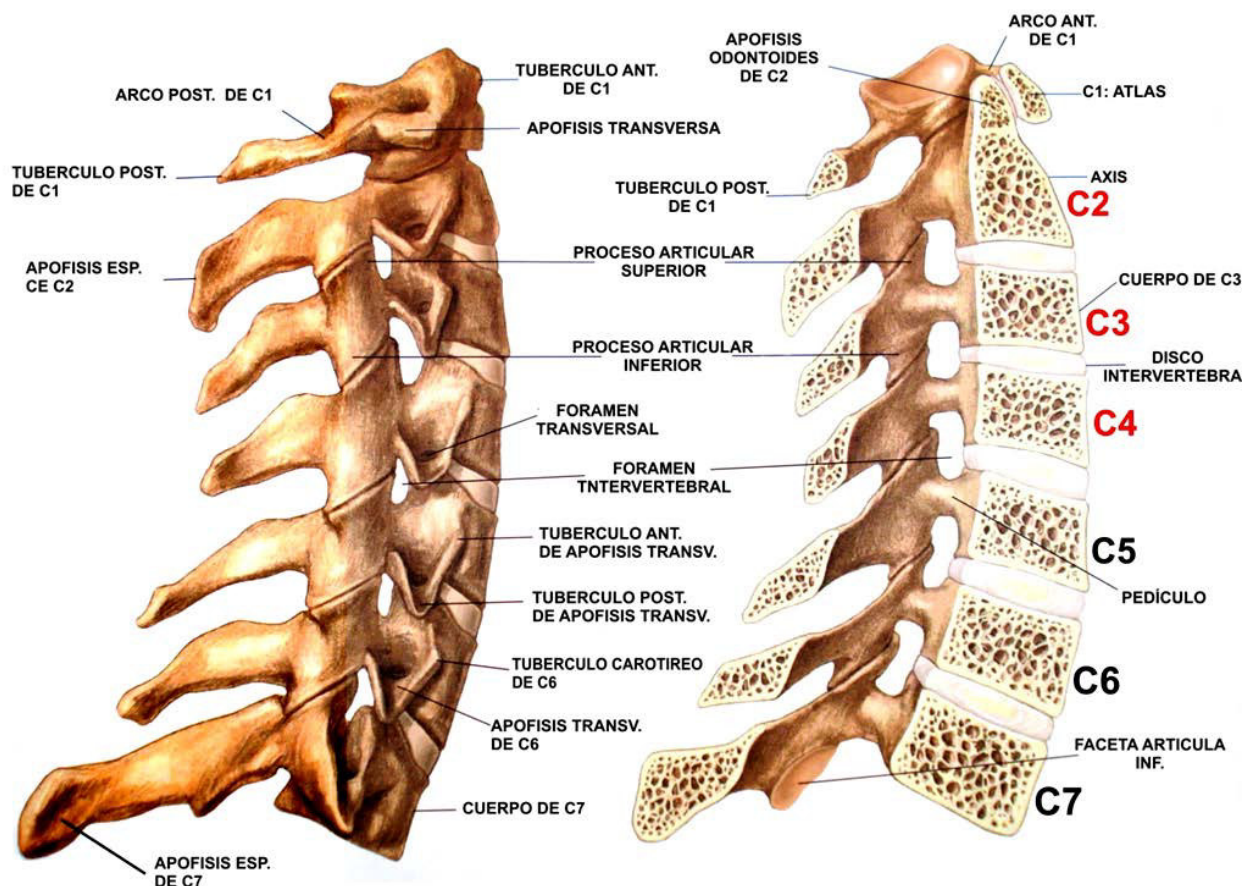


Figura N° 24. Vista lateral y sección media de las vértebras cervicales

**Cuerpo vertebral.** En la vértebra cervical es prolongado en sentido transversal su diámetro frontal es casi el doble de su diámetro anteroposterior o sagital, es decir es pequeño y ancho. El canal horizontal en la circunferencia del cuerpo está borrado y en la parte anterior y línea media llega a ser reemplazado por una eminencia vertical a menudo muy pronunciada (Figura N° 25). Lo que más particularmente caracteriza el cuerpo de una vértebra cervical es:

- La presencia, en los dos extremos laterales de su cara superior, de dos pequeñas eminencias de dirección anteroposterior que se designan con el nombre de ganchos o apófisis semilunares.
- La presencia, en los dos extremos laterales de la cara inferior, de dos escotaduras, simétricamente colocadas que en el esqueleto armado se corresponden con las apófisis semilunares.

**Agujero vertebral.** Es grande y tiene forma triangular (Figura N° 25). La base de ese triángulo que corresponde al cuerpo de la vértebra es mucho más extenso que la altura del mismo, la cual está representada por una línea horizontal que va de la apófisis espinosa a la parte media de la base del cuerpo vertebral. Por lo demás esta altura varía según que se considere el agujero por su cara superior o por la inferior: en este último caso es mayor.

**Apófisis espinosa.** Es corta y está poco inclinada. Su borde inferior presenta un profundo canal y su vértice se bifurca formando dos tubérculos, uno derecho y otro izquierdo: son las denominadas apófisis bituberculosas (Figuras N° 25, 26 y 27). En algunas razas no se da dicha bifurcación y al parecer está asociado a razas de menor evolución, esto se explica porque las apófisis son indivisas en los monos; la no bifidez se ha observado en el 10 % de europeos, y 23% en razas de color.



**Apófisis transversa.** Se implantan en los costados del cuerpo vertebral (Figuras N° 25, 26 y 27). Su base presenta un agujero denominado el agujero transverso, destinado a dar paso a la arteria vertebral, acompañada de una vena y un nervio. Se puede observar también que la vena vertebral esta frecuentemente desdoblada en varios puntos. La forma del agujero transverso es bastante variable: redondeado, oval, con mayor eje transverso, en forma de cuña externa, en forma de reloj de arena, etc. En ciertos casos se observa la duplicidad y hasta triplicidad de los agujeros transversos: entonces se hallan separados por una lengüeta ósea delgada. El agujero transverso en forma de reloj de arena o de “ocho” acostado no es más que un agujero transverso doble en vías de formación. La forma de la base de la apófisis trasversa puede variar también. Esta base, está constituida por dos raíces: una anterior o ventral, que sería la homóloga de una costilla y de ahí el nombre de apófisis costal; la otra es posterior y constituye la apófisis transversa propiamente dicha. El volumen de las dos raíces es variable, la anterior sobre todo, puede incluso faltar total o parcialmente. En este caso el conducto transverso es incompleto y está abierto por delante.

El vértice de la apófisis transversa termina en dos eminencias o tubérculos, generalmente muy distintos, que se designan por su situación con los nombres de tubérculo anterior y tubérculo posterior. El anterior es ascendente, da inserción al músculo recto anterior mayor y músculo largo del cuello. El posterior, descendente da inserción a los músculos espinales transversos.

**Apófisis articulares.** Son cuatro para cada vértebra, las dos superiores presentan una faceta que mira hacia arriba, las facetas de las apófisis inferiores, por el contrario, miran hacia adelante y abajo, las dos apófisis articulares están exactamente colocadas una encima de la otra (Figuras N° 25, 26 y 27). La situación de las apófisis transversales varía de una vértebra a otra. En la tercera

los ejes transversales de las superficies articulares correspondientes derechas e izquierdas, superiores e inferiores, convergen entre sí y forman parte de un arco de círculo cuyo centro está situado detrás de la vértebra. En las vértebras siguientes el radio de este círculo se hace cada vez mayor y, por último en la última vértebra cervical, los ejes transversales de las superficies articulares correspondientes se encuentran en la misma línea transversal. Esta dirección de los ejes se relaciona con la movilidad rotatoria de las vértebras cervicales. Ésta disminuye de arriba hacia abajo para llegar a ser nula o casi nula en la séptima vértebra cervical.

**Láminas.** Son regularmente cuadriláteras, pero mucho más anchas que altas. Llevan una dirección oblicua hacia abajo y atrás y en el esqueleto armado, cabalgan una sobre otras como las tejas de un tejado.

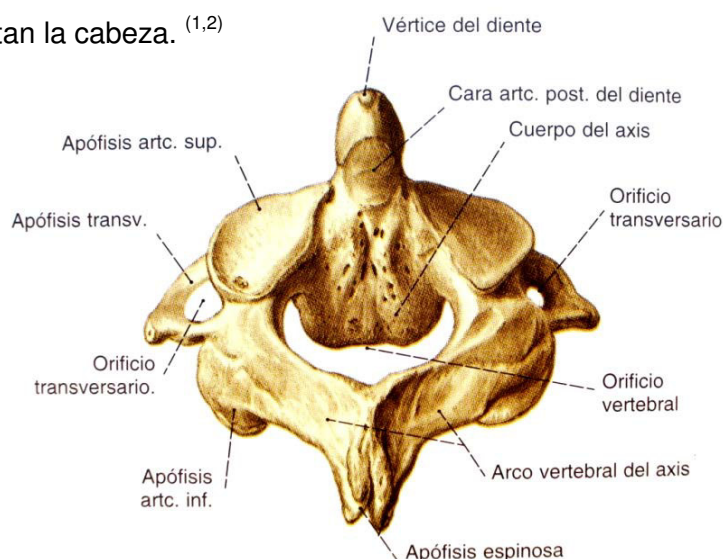
**Pedículos.** Están situados detrás de la apófisis transversas se implantan en el cuerpo vertebral en un punto más cercano de la cara superior que de la inferior, de la cual resulta que las dos escotaduras no son exactamente iguales sino que la inferior es poco más profunda que la superior. <sup>(1, 2)</sup>

#### **4.2.2.1.3. II VÉRTEBRA CERVICAL: EL AXIS.**

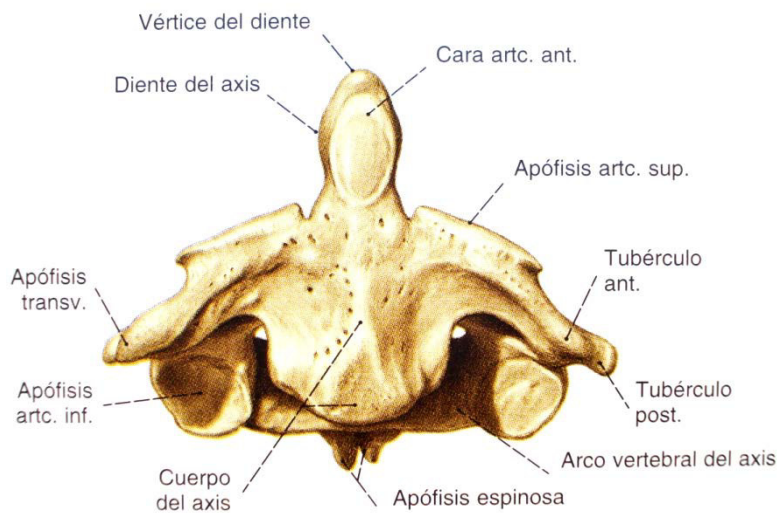
Es el pivote sobre el que rota el atlas y por tanto la cabeza (Figuras N° 25, 26 y 27). Se distingue por su robusta prolongación en forma de diente llamado apófisis odontoides, que desde el cuerpo se proyecta verticalmente hacia arriba. En la cara anterior de esta apófisis existe una carilla articular ovalada que se articula con la carilla similar existente en la cara posterior del arco anterior del atlas, posteriormente la apófisis odontoides presenta un surco para el ligamento transversal del atlas, el vértice del odontoides es más o menos rugoso al cual vienen a insertarse muchos ligamentos procedentes del occipital. La odontoides es cónica y mide alrededor de 1,5 cm de longitud y muestra una clara constricción



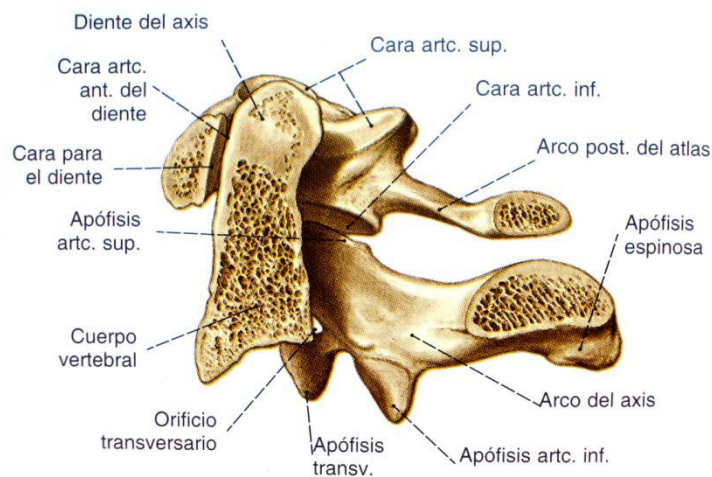
donde está surcada por el ligamento, lugar en que se encuentra habitualmente interpuesta una bolsa sinovial; desde el punto de vista de la anatomía filosófica la apófisis odontoides puede considerarse el cuerpo del atlas, se desarrolla exactamente como un cuerpo vertebral y no es raro encontrar en su base, entre ella y el cuerpo del axis, los vestigios de un disco intervertebral. La cara inferior del cuerpo del axis es marcadamente cóncava en sentido anteroposterior, por delante termina formando una laminilla que refuerza la eminencia media de la cara anterior, y desciende unos milímetros por delante del cuerpo de la vértebra siguiente. El agujero raquídeo del axis es menos amplio que el del atlas pero mayor que las otras vértebras inferiores, tiene la forma de un corazón con la base mirando hacia adelante. La apófisis espinosa notable por sus dimensiones transversales, presenta en cada cara una depresión profunda y rugosa para la inserción del músculo oblicuo mayor de la cabeza, por lo demás esta apófisis está excavada en su cara inferior y tiene el vértice bifurcado. Las apófisis transversas son muy cortas y su vértice no está bifurcado. Los pedículos son recios, las escotaduras vertebrales inferiores profundas y las superiores solo ligeramente discernibles. Las láminas son más gruesas que en cualquier otra vértebra cervical y sirven de inserción a los ligamentos amarillos; se unen por detrás con una apófisis espinosa grande y robusta donde se fijan los músculos que extienden, retraen y rotan la cabeza. <sup>(1,2)</sup>



*Figura N° 25. Vista posterosuperior del axis*



*Figura N° 26. Vista anterior del axis.*

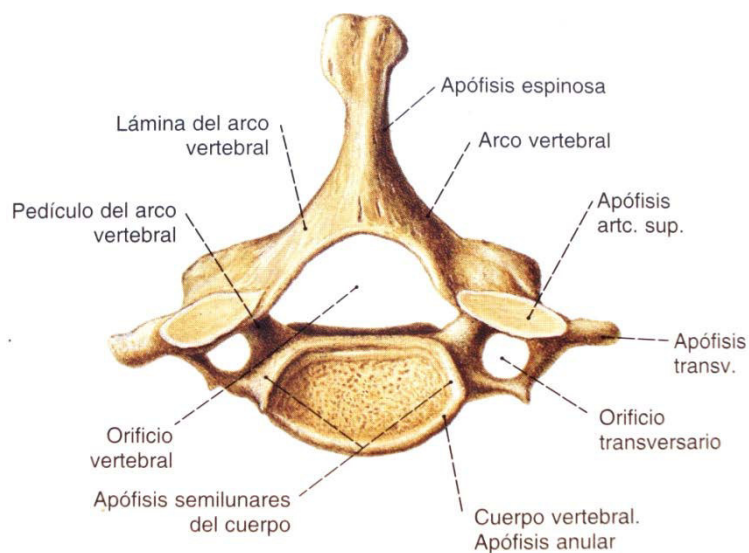


*Figura N° 27. Vista medial de una sección mediosagital a través del atlas y axis.*

## **VII VÉRTEBRA CERVICAL.**

Se denomina en ocasiones vértebra prominente, su larga apófisis espinosa es visible a través de la piel en el extremo inferior del surco nual (Figura N° 28). La séptima apófisis espinosa cervical es gruesa casi horizontal y termina en un solo tubérculo en el que se inserta el extremo inferior del ligamento nual. Cerca de la punta de la espina también se fijan los músculos trapecio, romboides menor,

serrato menor posterior superior, esplenio de la cabeza, espinoso del cuello, semiespinoso del tórax, multífido e interespinoso. Las apófisis transversas son grandes, en particular sus partes posteriores prominentes. Por delante de los agujeros transversos, que son relativamente pequeños y pueden estar duplicados, la parte anterior de la apófisis es delgada y más corta. Representa el elemento costal, y puede encontrarse como un hueso aislado, una costilla cervical. La lámina intertubercular, anterolateral al agujero, está surcada por el ramo ventral del VII nervio cervical; a menudo falta parcialmente. El prominente tubérculo posterior de la apófisis transversa presta inserción al músculo escaleno intermedio, cuando existe, y también a una capa aponeurótica, que cubre la cúpula de la pleura, la membrana suprapleural. El primer par de músculos supracostales se fijan en el borde inferior de las apófisis transversas. <sup>(1, 2)</sup>



*Figura N° 28. Vista superior de la séptima vértebra cervical.*

#### **4.2.2.2. INDICADORES DE MADURACIÓN CERVICAL.**

Se refiere a los cambios en algunas características de las vértebras cervicales a lo largo del tiempo, las que son capaces de evidenciar el grado de maduración esquelética, estas variaciones se dan a nivel del cuerpo vertebral y se ponen de manifiesto en el periodo de crecimiento puberal. Lamparski considera observar los indicadores en cinco vértebras (de C2 hasta C6), mientras que otros investigadores sólo en tres (C2, C3 y C4). Los indicadores son:

- a. **CONCAVIDAD EN EL BORDE INFERIOR DEL CUERPO VERTEBRAL.** La ausencia de concavidad indica poco desarrollo esquelético, y a medida que va apareciendo y haciéndose más pronunciada el desarrollo esquelético es mayor (Figuras N° 32 y 35).
- b. **FORMA DEL CUERPO VERTEBRAL.** Vistos en una radiografía cefalométrica estos pueden ser: trapezoidal, rectangular horizontal, cuadrada y rectangular vertical (Figura N° 34 y 35).

#### **4.2.2.3. METODOLOGÍA CERVICAL PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EDAD ESQUELÉTICA.**

Entre los índices de maduración ósea, el método de maduración de vértebras cervicales ha ganado gran aceptación en los años recientes. Está basado en las características morfológicas de las vértebras cervicales en diferentes etapas del crecimiento de las estructuras somáticas y faciales.

La razón de la popularidad de este método está en que es realizado en una radiografía cefalométrica lateral, la cual es usada rutinariamente para el diagnóstico ortodóncico, no siendo necesaria una segunda exposición a los rayos X. Es

especialmente útil cuando éste es el único material disponible. El empleo del collar para protección de rayos X no es una limitante para el uso de este método.

Observando detenidamente las vértebras cervicales el clínico puede evaluar la maduración esquelética del paciente, pudiendo tener una idea razonable de cuánto factor de crecimiento puede ser considerado en el tratamiento. <sup>(8, 10)</sup>

#### **4.2.2.3.1. ESTÁNDARES DE LAMPARSKI.**

El uso de vértebras cervicales para la determinación de la edad ósea fue iniciado por Lamparski en 1972 en la Universidad de Pittsburg en donde relaciona la edad cronológica y los cambios de forma del cuerpo vertebral de C2, C3, C4, C5 y C6.

Lamparski observó que los Indicadores de Maduración Cervical son dos:

- Inicio y desarrollo de concavidades en el borde inferior del cuerpo vertebral
- El incremento de la altura vertical del cuerpo vertebral sumado al crecimiento desigual del borde posterior del mismo producen cambios morfológicos de la vértebra que varían de su forma inicial trapezoidal a rectangular, luego cuadrada y por último más alta que ancha.

Finalmente creó un atlas descriptivo de radiografías estándares para varones y mujeres, afirmando que la maduración vertebral en ambos sexos es el mismo con la única diferencia que el sexo femenino madura más temprano.

La determinación de la edad esquelética por este método se realiza por comparación asignando como estadio al estándar más parecido, sin embargo en forma didáctica se resumen los estadios de Lamparski a continuación.

**Estadio 1.** Todos los bordes inferiores de los cuerpos vertebrales son planos. Los bordes superiores se van estrechando de atrás hacia adelante.

**Estadio 2.** Una concavidad se desarrolla en el borde inferior de la segunda vértebra. Las alturas verticales anteriores de los cuerpos vertebrales van aumentando.

**Estadio 3.** El borde inferior de la tercera vértebra ha desarrollado una concavidad mientras el resto de vértebras presentan el borde inferior plano.

**Estadio 4.** Todos los cuerpos vertebrales son rectangulares en forma. La concavidad de la tercera vértebra se ha incrementado. Se observa claramente el desarrollo de una concavidad en la cuarta vértebra, asimismo el inicio de la formación de concavidades en la quinta y sexta vértebra.

**Estadio 5.** Todos los cuerpos vertebrales son casi cuadrados en forma y los espacios entre cuerpos vertebrales están visiblemente disminuidos. Las concavidades están bien definidas en todos los cuerpos vertebrales.

**Estadio 6.** Todos los cuerpos vertebrales son más altos que anchos. Las concavidades en todas las vértebras están profundizadas. <sup>(12)</sup>

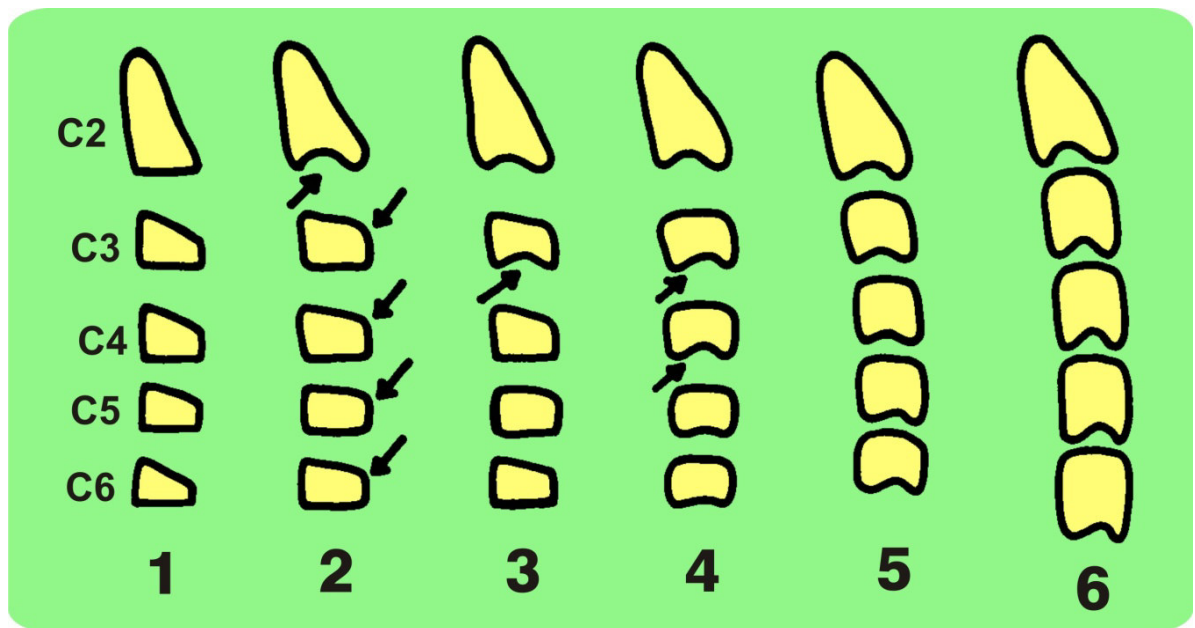


Figura N° 29. Representación de los estándares de Lamparski, cada estadio esquematiza un estándar. Las flechas muestran la aparición de una concavidad en el borde inferior y el incremento en altura del borde anterior.

#### 4.2.2.3.2. PUNTOS REFERENCIALES DE HELLSING.

En 1991 Eva Hellsing al realizar una investigación para evaluar la correlación entre las dimensiones de las vértebras cervicales con la estatura corporal, propone el uso de puntos de referencia ubicados en las aristas de los cuerpos vertebrales observados en una radiografía lateral de cráneo (Figura N° 30), a través de los cuales realiza mediciones precisas de los bordes de la vértebra.

Cv2ap: representa el ápex de la apófisis odontoides en la segunda vértebra cervical.

Cv2ip: representa el punto más posteroinferior del cuerpo de la segunda vértebra cervical.

Cv3sp, cv4sp, cv5sp, cv6sp: representan el punto más posterosuperior de la tercera, cuarta, quinta y sexta vértebras cervicales respectivamente.

Cv3ip, cv4ip, cv5ip, cv6ip: representan el punto más posteroinferior del cuerpo de la tercera, cuarta, quinta y sexta vértebras cervicales respectivamente.

Cv3sa, cv4sa, cv5sa, cv6sa: representan el punto más anterosuperior del cuerpo de la tercera, cuarta, quinta y sexta vértebras cervicales respectivamente.

Cv3ia, cv4ia, cv5ia, cv6ia: representan el punto más anteroinferior del cuerpo de la tercera, cuarta, quinta y sexta vértebras cervicales respectivamente. <sup>(17)</sup>

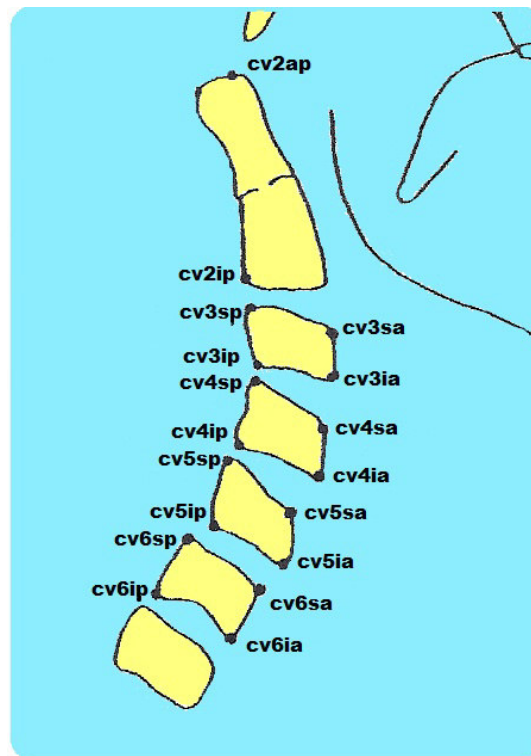


Figura N° 30. Puntos de Hellsing, se consideraron cinco vértebras de C2 a C6.

#### 4.2.2.3.3. MÉTODO DE HASSEL Y FARMAN. (ANEXO N° 1)

En 1995 estos dos investigadores establecieron seis categorías cervicales, en base a los estudios de Lamparski, y por comparación a la maduración carpal, para lo cual tomaron radiografías cefalométrica y carpal al mismo paciente y el mismo día, utilizaron el método de Fishman para el análisis carpal mientras que para el análisis cefalométrico consideraron la concavidad y forma de la segunda



tercera y cuarta vértebras cervicales. Concluyeron con las siguientes categorías:  
(Figura N° 31)

**CATEGORÍA 1: INICIACIÓN.** Se correspondió con los estadios 1 y 2 de Fishman, la expectativa de crecimiento era de 80 a 100% del crecimiento total adolescente, los bordes inferiores de C2, C3 y C4 se mantuvieron rectos, y dichas vértebras tenían forma de cuña.

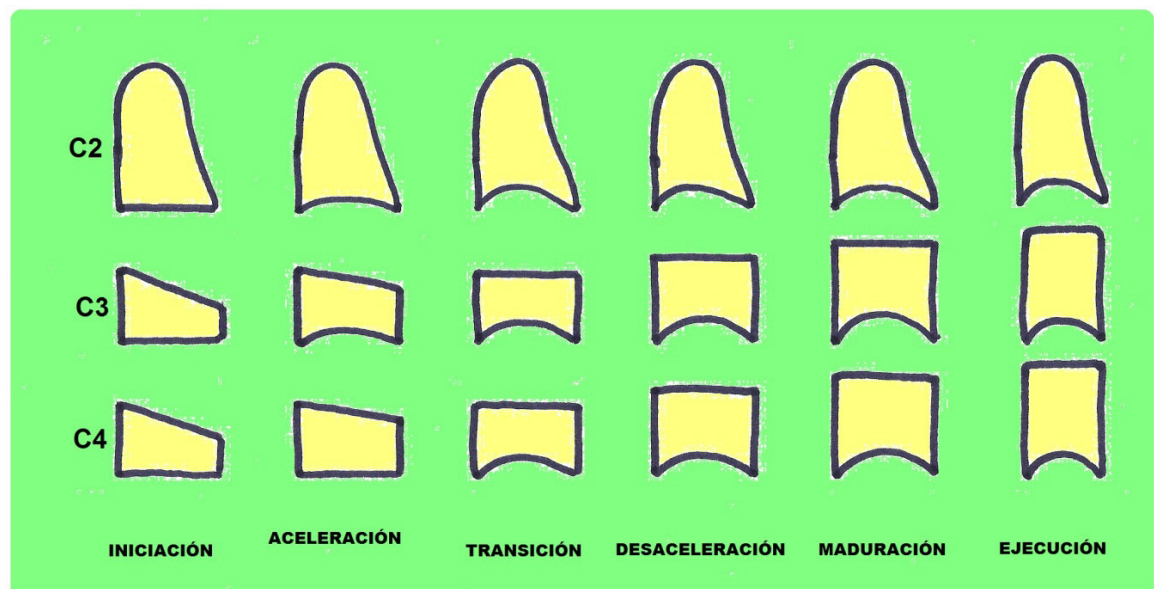
**CATEGORÍA 2: ACELERACIÓN.** Se correspondió con los estadios 3 y 4 de Fishman, la expectativa de crecimiento era de 65 a 85% del crecimiento total adolescente, empezaban a desarrollarse concavidades en los bordes inferiores de C2 y C3, el borde inferior de C4 era plano y los cuerpos de C3 y C4 fueron casi rectangulares en forma.

**CATEGORÍA 3: TRANSICIÓN.** Se correspondió con los estadios 5 y 6 de Fishman, la velocidad de crecimiento es máxima y la expectativa de crecimiento es de 25 a 65% del crecimiento total adolescente, se observa distinto grado de concavidad en los bordes de C2 y C3, una concavidad empieza a desarrollarse en el borde inferior de C4, los cuerpos de C3 y C4 adoptan la forma rectangular.

**CATEGORÍA 4: DESACELERACIÓN.** Se correspondió con los estadios 7 y 8 de Fishman, se observa una desaceleración dramática del crecimiento y la expectativa del mismo fue de 10 a 25% del crecimiento total adolescente, distintos grados de concavidad se observan en los bordes inferiores de C2, C3 y C4, los cuerpos de C3 y C4 son cada vez más cuadrados.

**CATEGORÍA 5: MADURACIÓN.** Se correspondió con los estadios 9 y 10 de Fishman, la maduración final de las vértebras se observa durante este periodo, la expectativa de crecimiento fue de 5 a 10% del crecimiento total adolescente, se observa concavidades más acentuadas en los bordes inferiores de C2, C3 y C4; los cuerpos de C3 y C4 fueron casi cuadrados en forma.

**CATEGORÍA 6: EJECUCIÓN.** Se correspondió con el estadio 11 de Fishman, la maduración vertebral se ha completado, la expectativa de crecimiento del individuo es casi nula, se observa concavidades profundas en los bordes inferiores de C2, C3 y C4; los cuerpos de C3 y C4 son cuadrados o rectangular vertical. <sup>(18)</sup>



*Figura N° 31. Se muestran los seis estadios de Hassel y Farman.*

#### 4.2.2.3.4. MÉTODO DE SAN ROMÁN, PALMA, OTEO Y NEVADO.

El año 2002 estudiaron cada uno de los cambios morfológicos en las vértebras cervicales y su eficacia en la determinación de la edad esquelética, lo realizaron en pacientes del Departamento de Ortodoncia de la Universidad Complutense de Madrid. Analizaron la concavidad en el borde inferior de las vértebras, altura y forma vertebral; proponen un método para cada una de las variables como se detalla a continuación.

**Concavidad en el borde inferior** (ANEXO N° 2). Se observa C2, C3, C4, C5 y C6. Se considera presente cuando la distancia entre punto medio del borde

inferior a una línea perpendicular trazada de la arista anteroinferior a la posteroinferior era mayor a 1mm. Se establecen los siguientes estadios (Figura N° 32).

**Estadio 1.** Todas las vértebras tienen el borde inferior plano.

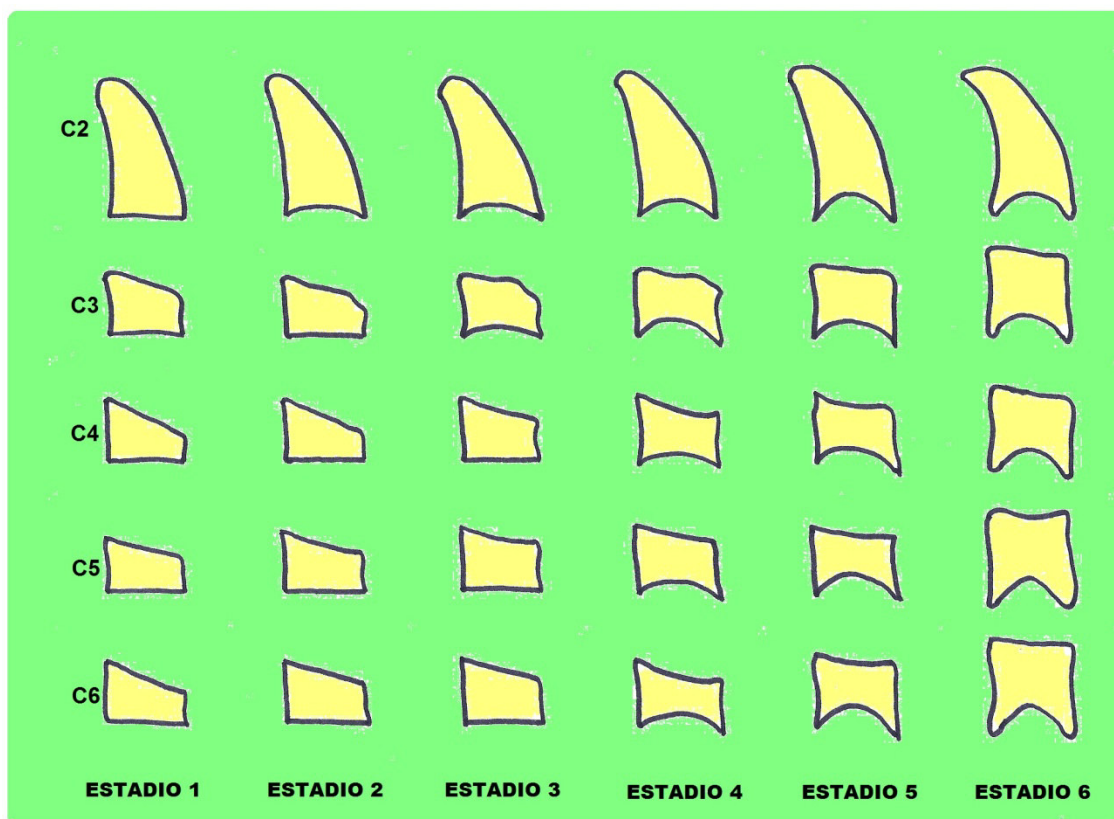
**Estadio 2.** Una concavidad está presente en el borde inferior de C2.

**Estadio 3.** Una concavidad está presente en el borde inferior de C3.

**Estadio 4.** Se observa un incremento de la concavidad en C2 y C3; asimismo se empieza a observar una concavidad en C4, C5 y C6.

**Estadio 5.** Las concavidades están incrementadas en todas las vértebras.

**Estadio 6.** Se observa una concavidad profunda en todas las vértebras y los ángulos inferiores son redondeados.



*Figura N° 32. Estadios cervicales según la concavidad en el borde inferior del cuerpo vertebral*

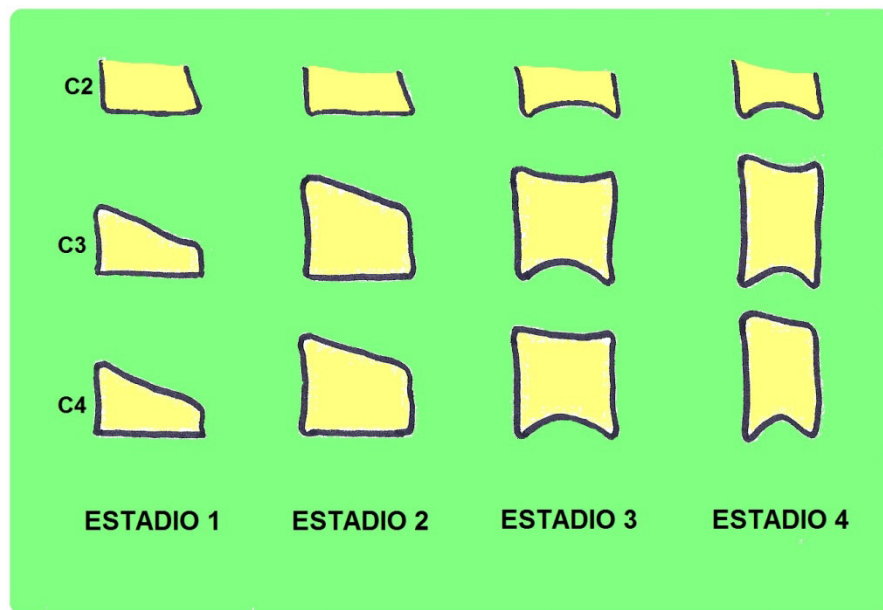
**Altura del cuerpo vertebral** (ANEXO N° 3). Se observa en C3 y C4, se calcula al medio del cuerpo vertebral a través de líneas trazadas entre las aristas anteriores y posteriores asimismo entre la superiores e inferiores. Se establecieron los siguientes estadios (Figura N° 33).

**Estadio 1.** La altura es menos que el 80% que el ancho vertebral.

**Estadio 2.** La altura está entre el 80 y 99% del ancho vertebral.

**Estadio 3.** La altura y el ancho son iguales.

**Estadio 4.** La altura es mayor que el ancho.



*Figura N° 33. Estadios cervicales según la altura del cuerpo vertebral.*

**Forma del cuerpo vertebral** (ANEXO N° 4). Se observa en C3 y C4. Se presentan los siguientes estadios (Figura N° 34).

**Estadio 1.** El borde superior se va estrechando desde posterior hacia anterior, los cuerpos vertebrales tienen forma de cuña.

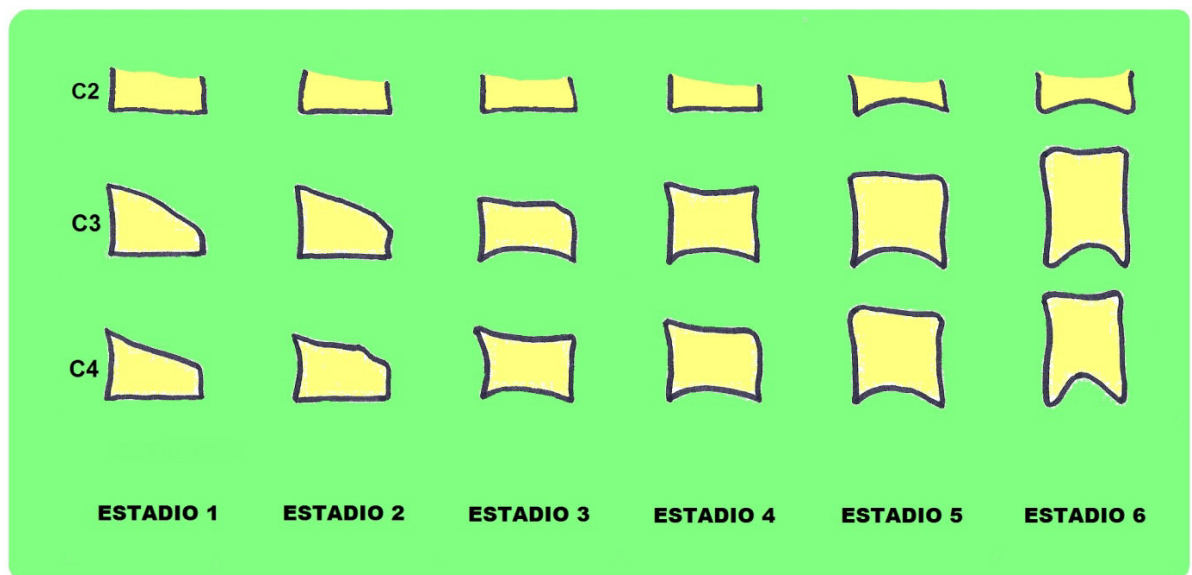
**Estadio 2.** C3 tiene forma de cuña mientras que C4 es casi rectangular. Los ángulos anterosuperiores no están presentes.

**Estadio 3.** Los cuerpos tienen forma rectangular.

**Estadio 4.** Los cuerpos vertebrales adoptan la forma casi cuadrada.

**Estadio 5.** Ahora los cuerpos vertebrales son cuadrados.

**Estadio 6.** La altura de los cuerpos vertebrales son mayores a los anchos, es decir adoptan la forma rectangular pero en posición vertical.<sup>(21)</sup>



*Figura N° 34. Estadios cervicales según la forma del cuerpo vertebral.*

#### **4.2.2.3.5. MÉTODO DE BACCETTI, FRANCHI Y McNAMARA. (ANEXO N° 5)**

En el año 2005 estos investigadores proponen un Método de Maduración Cervical basado en 6 estadios y no 5 como plantearon en un primer estudio. Simplifican el método pues sólo consideran tres vértebras C2, C3 y C4; los estadios propuestos analizan dos variables simultáneamente, a saber: concavidad del borde inferior y forma del cuerpo vertebral. Le dan un sustento numérico a su propuesta al utilizar puntos de referencia en las aristas del cuerpo vertebral a partir de los cuales realizan mediciones con mayor objetividad, asimismo definen la forma vertebral a través de la proporción matemática entre los bordes posterior , anterior e inferior, haciendo de éste un método confiable. (Figura N° 35)

**Estadio cervical 1 (CS1).** Los bordes inferiores de las tres vértebras (C2, C3 y C4) son planos. Los cuerpos de C3 y C4 son trapezoidales en forma (el borde posterior del cuerpo vertebral disminuye gradualmente de posterior hacia anterior). El pico de crecimiento maxilar y mandibular ocurrirá aproximadamente dentro de 2 años o más después de este estadio.

**Estadio cervical 2 (CS2).** Una concavidad está presente en el borde inferior de C2. Los cuerpos de C3 y C4 son aún trapezoidales en forma. El pico de crecimiento maxilar y mandibular ocurrirá aproximadamente 1 año después de este estadio.

**Estadio cervical 3 (CS3).** Se observa concavidades presentes en el borde inferior de C2 y C3. Los cuerpos de C3 y C4 pueden ser trapezoidales o rectangulares-horizontales en forma. El pico de crecimiento maxilar y mandibular ocurre durante este estadio pudiendo retardarse hasta 1 año luego de iniciado el estadio.

**Estadio cervical 4 (CS4).** Se observa concavidades en el borde inferior de C2, C3 y C4. Los cuerpos de C3 y C4 adquieren forma rectangular-horizontal. El pico de crecimiento maxilar y mandibular ha ocurrido 1 año antes de este estadio o puede estar ocurriendo durante este estadio.

**Estadio cervical 5 (CS5).** Siguen presentes y más evidentes las concavidades en el borde inferior de C2, C3 y C4. Las vértebras C3 y C4 son cuadradas o mínimamente una de ella ya lo es, mientras la otra sigue siendo rectangular-horizontal. El pico de crecimiento maxilar y mandibular ha finalizado por lo menos 1 año antes de este estadio.

**Estadio cervical 6 (CS6).** Las concavidades en el borde inferior de C2, C3 y C4 están profundizadas. Las vértebras C3 y C4 son rectangulares verticales o mínimamente uno de ellas ya lo es, mientras que la otra es cuadrada. El pico de crecimiento maxilar y mandibular ha finalizado al menos 2 años antes de este estadio. <sup>(26)</sup>

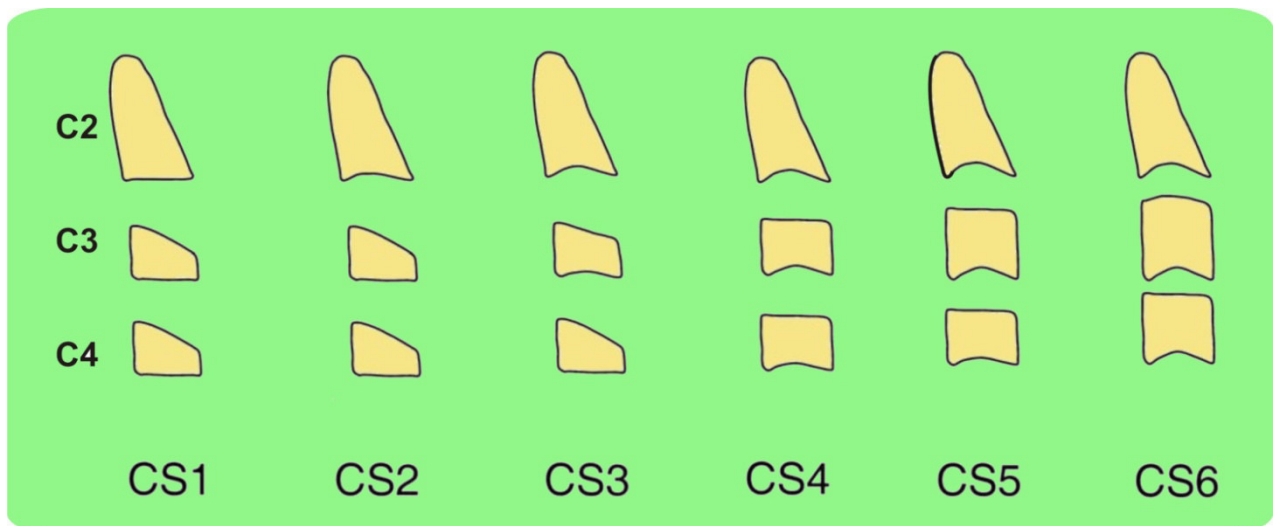


Figura N° 35. Estadios cervicales según Baccetti, Franchi y McNamara.

## **II.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

### **II.3.1. ÁREA Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

En Ortodoncia y Ortopedia dentofacial es muy crítica la elección de un protocolo de tratamiento específico que corrija las diferentes displasias dentoesceléticas sean estas de maxila o mandíbula, sin embargo este paso depende íntegramente de identificar el grado de desarrollo en el que se encuentra el individuo. El crecimiento y desarrollo en el ser humano no es uniforme más bien presenta momentos de aceleración y desaceleración cuyo fácil reconocimiento es de gran ayuda para el profesional, es allí donde radica la importancia clínica de la edad esquelética, pues permite el aprovechamiento del periodo de mayor velocidad de crecimiento (pico de velocidad de crecimiento) para dar solución a las referidas discrepancias maxilares o mandibulares, y es que la tasa de crecimiento facial está íntimamente ligado al crecimiento estatural <sup>(41)</sup>.

La Metodología Carpal <sup>(11, 13, 14, 15, 42, 43, 44)</sup>, que describe una serie de estadios (basados en indicadores epifisarios), ha sido aceptada y ampliamente difundida entre los clínicos por permitir el reconocimiento con claridad de etapas importantes en el desarrollo del individuo tales como el inicio del crecimiento puberal, pico de velocidad de crecimiento, entre otros. Por su parte la introducción de los Indicadores de Maduración Cervical como son: forma del cuerpo vertebral y presencia de concavidad en la base del cuerpo vertebral, han descrito diferentes categorías cervicales <sup>(12, 16, 18, 21, 22, 26)</sup> que permiten igualmente reconocer el grado de desarrollo del ser humano; no obstante el factor racial es altamente influyente en los conceptos variabilidad y cronología, en tal circunstancia verificar la aplicabilidad de la metodología cervical en la raza mestiza de origen peruano es tarea importante a realizar.



### **II.3.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es el grado de correlación entre los estadios de maduración cervical según Baccetti et al. con los estadios de maduración carpal según Björk, Grave y Brown en pacientes de 8 a 15 años de edad atendidos en la Clínica Odontológica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos?

### **II.4. JUSTIFICACIÓN.**

En nuestros días la determinación de la edad esquelética se realiza en la radiografía carpal significando esto una mayor exposición a radiación y un gasto económico adicional. Por el contrario la evaluación de la edad ósea a través de vértebras cervicales se realiza en una radiografía cefalométrica lateral que comúnmente se solicita como parte del protocolo de exámenes complementarios para el diagnóstico y tratamiento ortodóncico, prescindiendo de la radiografía carpal y logrando disminuir tanto la exposición a radiación, la inversión económica del paciente e incluso acorta el número de citas clínicas, evitando complicaciones para el paciente y el profesional.

El uso de la maduración cervical ha sido verificada en algunas razas del planeta mostrándose en ellas efectiva, no estando incluida entre las estudiadas la raza mestiza de origen peruano; es por ello que el presente estudio busca medir el grado de correlación entre los estadios de maduración cervical y óseo-carpal con la finalidad de verificar la eficacia de la metodología cervical en individuos de origen peruano y definir su aplicabilidad en pacientes de dicha raza con lo cual, tal vez en el futuro sea considerado un examen complementario de rutina. El presente trabajo busca también despertar el interés para futuras investigaciones sobre este tema.

## **II.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **II.5.1. OBJETIVO GENERAL.**

Establecer el grado de correlación existente entre los estadios de maduración cervical según Baccetti et al. con los estadios de maduración carpal según Björk, Grave y Brown en una muestra de pacientes de 8 a 15 años de edad atendidos en la Clínica Odontológica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

### **II.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Identificar los estadios de maduración cervical propuestos por Baccetti et al. en la radiografía cefalométrica lateral según sexo y edad, en pacientes de 8 a 15 años atendidos en la Clínica Odontológica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Identificar los estadios de maduración carpal propuesto por Björk, Grave y Brown según sexo y edad, en pacientes de 8 a 15 años atendidos en la Clínica Odontológica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Correlacionar cada uno de los estadios de maduración cervical con los estadios de maduración carpal según sexo y edad, en pacientes de 8 a 15 años atendidos en la Clínica Odontológica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

## **II.6. HIPÓTESIS Y VARIABLES.**

### **II.6.1. HIPÓTESIS.**

Existe una alta correlación entre los estadios de maduración cervical según Baccetti et al. y los estadios de maduración carpal según Björk, Grave y Brown en pacientes de 8 a 15 años de edad de raza mestiza y origen peruano.

### **II.6.2. VARIABLES.**

- Estadios de maduración cervical (según Baccetti et al.).
- Estadios de maduración carpal (según Björk, Grave y Brown).

### **II.6.3. COVARIABLES.**

- Sexo.
- Edad cronológica.

## **II.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.**

Variable	Conceptualización	Unidad de análisis	Indicadores	Tipo de variable	Escala de medición	Categoría
<b>Estadios de maduración cervical</b>	Cada uno de los niveles establecidos en base a los cambios morfológicos (observados radiográficamente) de algunas vértebras cervicales que explican el grado de maduración biológica	Radiografía cefalométrica lateral	Método de maduración cervical según Baccetti et al.	Cualitativa	Ordinal	Estadio CS1 Estadio CS2 Estadio CS3 Estadio CS4 Estadio CS5 Estadio CS6
<b>Estadios de maduración carpal</b>	Cada uno de los niveles establecidos en base a cambios secuenciales (observados radiográficamente) a nivel de los huesos del carpo y falanges que explican el grado de maduración biológica	Radiografía carpal	Método de Björk, Grave y Brown.	Cualitativa	Ordinal	Primer estadio :B1 Segundo estadio :B2 Tercer estadio :B3 Cuarto estadio :B4 Quinto estadio :B5 Sexto estadio :B6 Séptimo estadio :B7 Octavo estadio :B8 Noveno estadio :B9

Covariable	Conceptualización	Unidad de análisis	Indicadores	Tipo de variable	Escala de medición	Categoría
<b>Sexo</b>	Conjunto de características biológicas que diferencian al hombre y la mujer.	Historia clínica	Caracteres sexuales primarios y secundarios	Cualitativa	Nominal	Masculino Femenino
<b>Edad cronológica</b>	Tiempo vivido por una persona expresado en años.	Historia clínica	Número de años	Cuantitativa	Razón	8 años 9 años 10 años 11 años 12 años 13 años 14 años 15 años

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS.**

#### **III.1. TIPO DE ESTUDIO.**

Según el control y manipulación de variables:

- ❖ **Observacional.** Porque no hubo manipulación de variables

Según el análisis y alcance de los resultados:

- ❖ **Descriptivo - correlacional.** Porque además de observar las características de las variables y los cambios que pueden ocurrir en ellas, buscó también establecer la relación que se da entre dichas variables.

Según el tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de la información:

- ❖ **Retrospectivo.** Porque se evaluó las variables en Historias Clínicas de pacientes ya atendidos.

Según el periodo y secuencia de estudio:

- ❖ **Transversal.** Porque las variables fueron evaluadas simultáneamente en un momento dado.

### **III.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.**

#### **III.2.1. Población.**

Estuvo conformada por todos los pacientes atendidos por el Servicio de Odontopediatría-Ortodoncia y Unidad de Postgrado de Ortodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos entre los años 2007 al 2010.

#### **III.2.2. Muestra.**

La muestra del presente estudio fue elegida de manera no probabilística y estuvo conformada por todos los pacientes comprendidos entre las edades de 8 a 15 años, atendidos por el Servicio de Odontopediatría-Ortodoncia así como la Unidad de Postgrado de Ortodoncia de la Facultad de Odontología de la UNMSM entre los años 2007 y 2010 cuyas Historias Clínicas estuvieron completas, con su respectivas radiografías cefalométrica y carpal, cumpliendo los criterios de inclusión y exclusión.

##### ***a. Criterios de inclusión:***

- Pacientes atendidos entre los años 2007 y 2010.
- Pacientes cuya Historia Clínica contempla los siguientes datos: número de Historia Clínica, fecha de atención, nombre, sexo, fecha de nacimiento, edad, fecha de toma de imágenes.
- Pacientes cuya Historia Clínica contenga radiografía cefalométrica lateral y carpal en buen estado de conservación.
- Las radiografías cárpales y cefalométricas debieron ser tomadas en la Clínica de Imagenología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos con el equipo Cranex Tome Ceph de la marca Soredex y siguiendo la misma técnica. (ANEXO N° 6)

- La radiografía carpal será de mano izquierda, asimismo debe presentar buena calidad de imagen.
- En la radiografía cefalométrica se deberá apreciar claramente las vértebras C2, C3, C4; y deberá presentar buena calidad de imagen.

***b. Criterios de exclusión:***

- Pacientes con enfermedad sistémica o síndromes que comprometan tejido óseo.
- Pacientes con antecedente de traumatismo a nivel de cuello, cabeza, mano y muñeca.
- Pacientes con malformación congénita o adquirida a nivel de vértebras cervicales, mano y muñeca.
- El intervalo de tiempo entre la toma de radiografía carpal y cefalométrica excede un mes.

### **III.3. MATERIALES E INFRAESTRUCTURA.**

*Materiales odontológicos*

- Radiografía cefalométrica lateral.
- Radiografía carpal.
- Negatoscopio.

*Materiales de escritorio:*

- Fichas elaboradas para la recolección de datos.
- 1 Computadora Intel Core i5, sistema operativo Windows 7, Software SPSS versión 17 en español.
- Lapiceros rojo, azul y negro, portaminas, borradores.
- 160 unidades de papel acetato.
- 2 pares de reglas milimetradas.



- Plumón indeleble de color rojo y azul.
- 1 notebook Intel Core i5.
- Dos millares de hojas Bond A4 de 80 g
- 3 cartuchos de tinta negra y 3 de color.

#### *Infraestructura*

- Clínica de Imagenología de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Clínica 7 de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

### **III.4. MÉTODOS.**

#### **III.4.1. PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS.**

##### ***III.4.1.1. Selección de pacientes***

A través de los archivos del Servicio de Odontopediatría-Ortodoncia y Unidad de Postgrado de Ortodoncia se procedió a la selección de las Historias Clínicas de pacientes con rango de edad entre 8 a 15 años que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión.

##### ***III.4.1.2. Lectura radiográfica.*** (ANEXO N° 7).

Se realizó la lectura de las radiografías cefalométrica lateral y radiografía carpal con la ayuda de un negatoscopio, en un ambiente cerrado carente de luz que está ubicado en la Clínica de Imagenología de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Se cubrió toda la superficie de la pantalla iluminada del negatoscopio con cartulina negra, dejando un espacio exacto para la radiografía; esto a fin de reducir la luminosidad y mejorar la observación de

imágenes. Se empezó con la lectura de las radiografías carpales para luego continuar con las cefalométricas en las que luego de un análisis visual se procedió al trazado de cefalogramas en papel de acetato donde quedaron graficadas claramente C2, C3 y C4; el número de radiografías leídas por día no excedió las 20 unidades. El análisis de los cefalogramas se realizó en la clínica 7 de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

#### ***III.4.1.3. Evaluación de la variabilidad.***

La variabilidad interobservador fue calculado mediante el índice Cohen's Kappa, en una prueba piloto, para lo cual se utilizaron 50 unidades radiográficas ajenas a la muestra (25 cefalométricas y 25 carpales) elegidas de manera aleatoria, las cuales fueron observadas a doble ciego con la participación del autor y asesor de tesis y con un intervalo de dos semanas entre observadores, la variabilidad hallada para el método carpal fue de 0,954 mientras que para el método cervical fue de 0,900. Asimismo se realizó una prueba intra-estudio con el objetivo de evaluar la variabilidad intraobservador, para ello se seleccionaron 50 radiografías de la muestra (25 cefalométricas y 25 carpales) de manera aleatoria, las que volvieron a ser leídas por el observador (autor de tesis) a simple ciego con un intervalo de dos semanas entre la primera y segunda observación, se usó igualmente el índice kappa, la variabilidad hallada para el método carpal fue de 1 mientras que para el método cervical fue de 0,954. Estos valores describen una elevada reproductibilidad de ambos métodos.

#### III.4.1.4. Criterios de evaluación.

La determinación de los estadios de maduración cervical se realizó siguiendo la segunda propuesta de Baccetti et al. <sup>(26)</sup> que considera seis estadios cervicales y toma en cuenta las vértebras C2, C3 y C4. En los cefalogramas se consignaron puntos referenciales propuestos por Hellsing <sup>(17)</sup> y usados en el método de Baccetti y colaboradores como se indica en la figura N° 36.

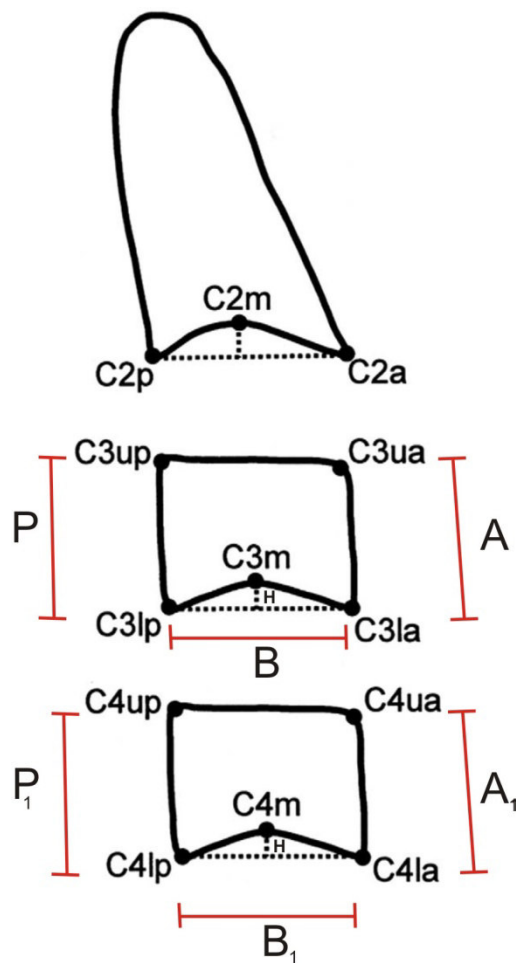


Figura N° 36. Esquema para el trazado y análisis de cefalogramas basado en los estudios de Baccetti.

Con dichos puntos se determinó el estadio cervical considerando los siguientes criterios:

- Presencia de concavidad en el borde inferior del cuerpo vertebral determinado por "H".

- Forma geométrica del cuerpo vertebral que se evaluó mediante la proporción entre las dimensiones de “P”, “A” y “B”. Considerando las formas:
  - Trapezoidal:  $P/A > 1$ .
  - Rectangular-horizontal:  $B/A > 1$ ;  $P/A = 1$ .
  - Cuadrado:  $P/A = B/A = 1$ .
  - Rectangular-vertical:  $P/A = 1$ ;  $B/A < 1$ . <sup>(26)</sup>

La determinación de los estadios de maduración carpal se realizó siguiendo el método de Björk, Grave y Brown <sup>(11, 13)</sup> que considera el grado de osificación en tres sitios anatómicos observados radiográficamente:

- Falanges.
- Huesos del carpo.
- Diáfisis y epífisis distal del radio. <sup>(11, 13)</sup>

#### **III.4.2. RECOLECCIÓN DE DATOS. (ANEXO N° 8)**

Se confeccionó una ficha para la recolección de datos en la que se consignó de manera legítima los datos obtenidos en la lectura radiográfica, trazado de cefalograma e Historia Clínica. La ficha incluye los siguientes datos: fecha de elaboración de la Historia Clínica, nombre del paciente, fecha de nacimiento, edad, sexo, fecha de toma de radiografía carpal, fecha de toma de radiografía cefalométrica lateral, estadio de maduración cervical, estadio de maduración carpal.

### III.4.3. PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

El procesamiento de datos se realizó con la ayuda de una computadora Intel Core i5, en el sistema operativo Windows 7, y con el uso del software SPSS versión 17 en español.

Con los datos obtenidos se procedió a realizar el análisis de resultados de acuerdo a las variables estudiadas, para ello se confeccionaron tablas y gráficas de frecuencia, contingencia y análisis de los estadios de maduración. Se utilizó la prueba estadística Coeficiente lineal de Spearman ("r") para determinar la correlación entre los estadios de maduración cervical y estadios de maduración carpal por cada sexo. El valor de "r" definió el grado de correlación entre los estadios de ambos métodos de acuerdo al siguiente criterio:

- $r < 0$  : Correlación negativa, el incremento en una variable conlleva a la disminución de la otra o viceversa.
- $r = 0$  : Correlación nula. No hay correlación entre variables.
- $0 < r < 0,5$  : Baja correlación
- $0,5 \leq r < 0,8$  : Moderada correlación
- $0,8 \leq r < 0,9$  : Alta correlación.
- $0,9 \leq r < 1$  : Excelente correlación.
- $r = 1$  : Representa la correlación perfecta.

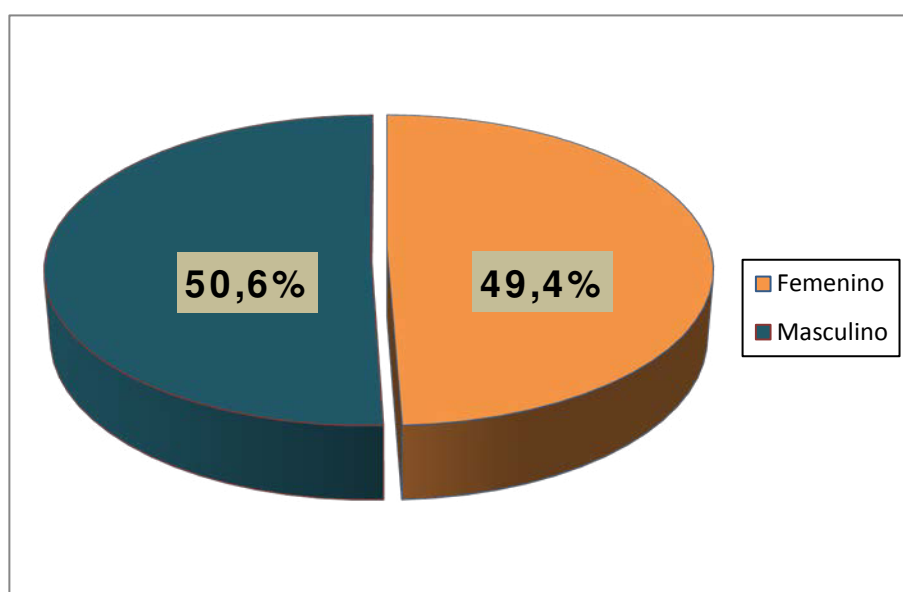
Los valores de correlación representan niveles de proporcionalidad entre la maduración óseo-carpal y óseo-cervical por lo tanto correlaciones moderadas a más indicaron que la maduración cervical es eficaz como indicador del desarrollo biológico humano, definiendo al Método de Maduración Cervical como válido y aplicable en la población estudiada.

#### IV. RESULTADOS.

TABLA N° 1. Distribución de la muestra según sexo.

<i><b>Sexo</b></i>	<i><b>n</b></i>	<i><b>%</b></i>
<i><b>Masculino</b></i>	78	50,6
<i><b>Femenino</b></i>	76	49,4
<i><b>Total</b></i>	154	100

GRÁFICO N° 1. Distribución de la muestra según sexo.

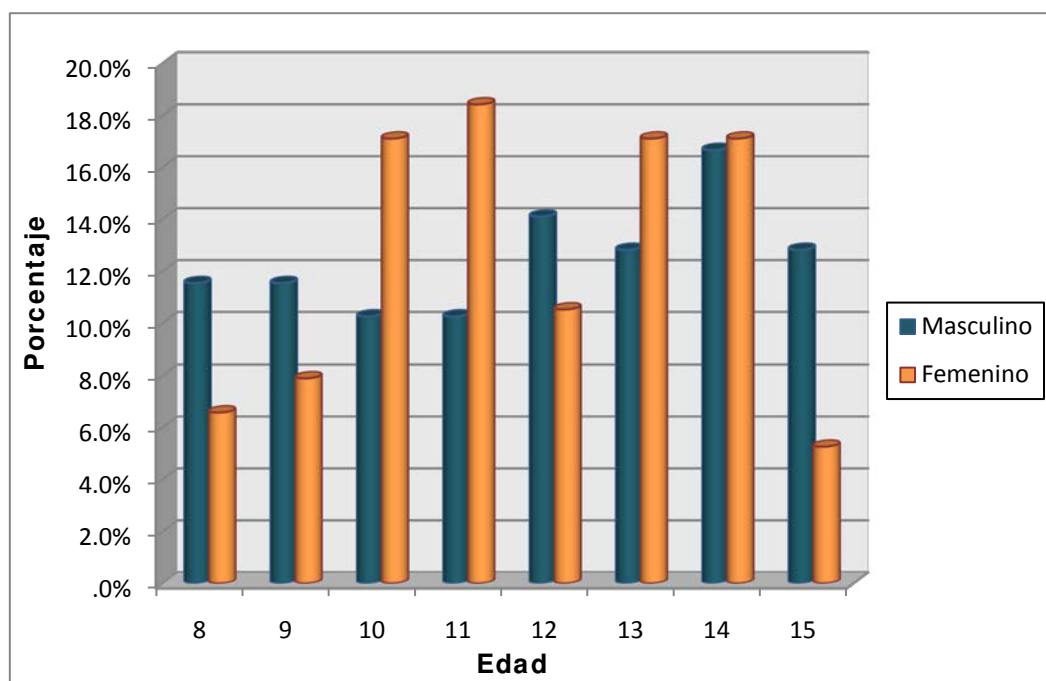


En la tabla y gráfico 1 se puede observar que la muestra estuvo conformado por un total de 154 individuos, 78 (50,6%) pertenecieron al sexo masculino y 76 (49,4%) al femenino, no hubo pérdida de casos.

**TABLA N° 2. Distribución de la muestra según sexo y edad.**

<i>Edad</i>	<i>Masculino</i>		<i>Femenino</i>	
	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>
<b>8</b>	9	11,5	5	6,6
<b>9</b>	9	11,5	6	7,9
<b>10</b>	8	10,3	13	17,1
<b>11</b>	8	10,3	14	18,4
<b>12</b>	11	14,1	8	10,5
<b>13</b>	10	12,8	13	17,1
<b>14</b>	13	16,7	13	17,1
<b>15</b>	10	12,8	4	5,3
<b>Total</b>	78	100	76	100

**GRÁFICO N° 2. Distribución de la muestra según sexo y edad.**



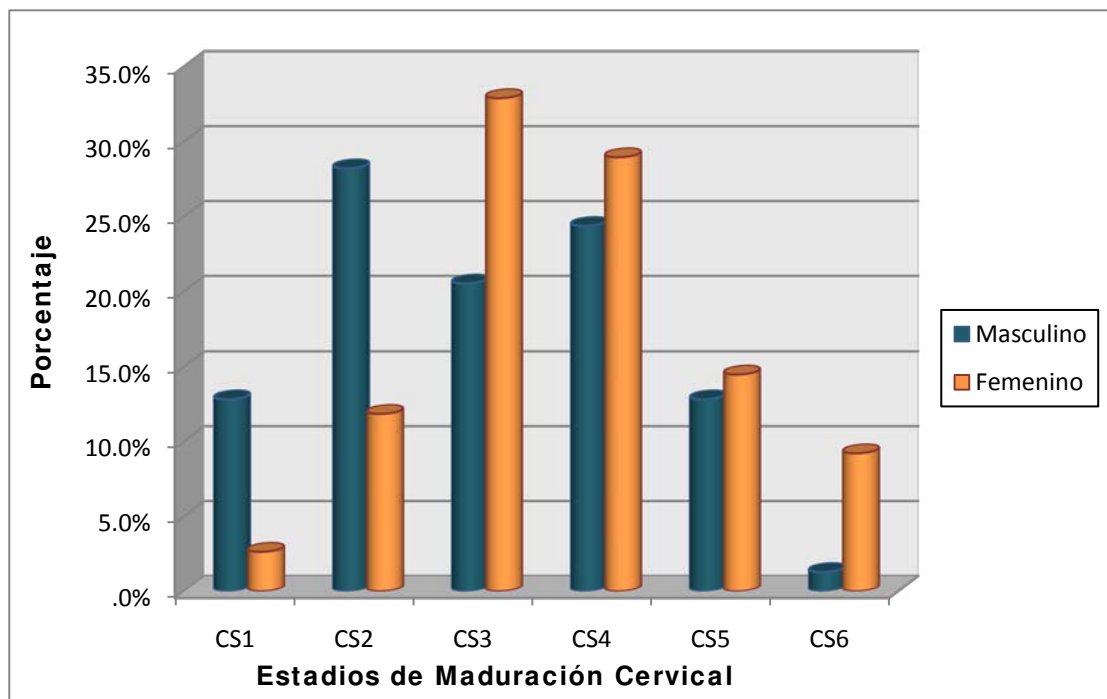
La tabla y gráfico 2 muestran la frecuencia de individuos en cada grupo etario tanto para el sexo masculino como para el femenino, se puede observar que en ningún grupo hubo ausencia de pacientes. Asimismo se observa que en el sexo masculino el mayor número de pacientes tuvo el grupo de 14 años (16,7%), y los menos numerosos fueron los de 10 y 11 años (10,3% cada uno). En el sexo femenino el mayor número de pacientes estuvo en el grupo de 11 años (18,4%), mientras que el menor estuvo en el de 15 años (5,3%).

**TABLA N° 3. Distribución de la muestra según los Estadios de Maduración Cervical y sexo.**

<i><b>Estadios de Maduración Cervical</b></i>	<i><b>Masculino</b></i>		<i><b>Femenino</b></i>	
	<i><b>n</b></i>	<i><b>%</b></i>	<i><b>n</b></i>	<i><b>%</b></i>
<i><b>CS1</b></i>	10	12,8	2	2,6
<i><b>CS2</b></i>	22	28,2	9	11,8
<i><b>CS3</b></i>	16	20,5	25	32,9
<i><b>CS4</b></i>	19	24,4	22	28,9
<i><b>CS5</b></i>	10	12,8	11	14,5
<i><b>CS6</b></i>	1	1,3	7	9,2
<i><b>Total</b></i>	78	100	76	100



**GRÁFICO N° 3. Distribución de la muestra según los Estadios de Maduración Cervical y sexo.**

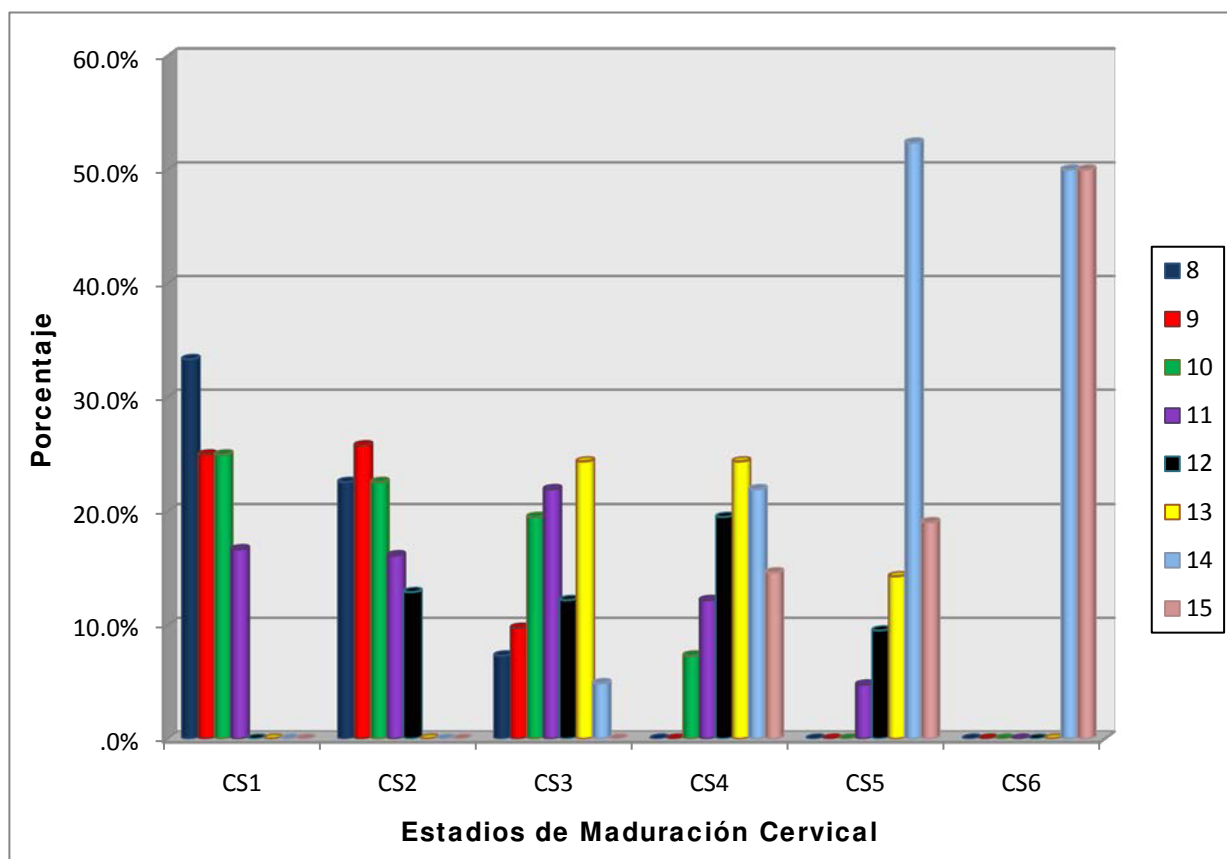


En la tabla y gráfico 3 se muestra la frecuencia de pacientes en cada estadio cervical considerando el sexo, observe que en ningún caso hubo ausencia de los mismos. Dentro del grupo de sexo masculino el mayor número de pacientes perteneció al estadio cervical CS2 (28,2% del total de dicho sexo) y el menos numeroso perteneció al CS6 (1,3%). Asimismo dentro del grupo de sexo femenino el mayor número de pacientes estuvo en el estadio CS3 (32,9%) mientras que el de menor número estuvo en el estadio CS1 (2,6%).

**TABLA N° 4. Distribución de la muestra según los Estadios de Maduración Cervical y edad.**

<i>Edad</i>	<i>CS1</i>		<i>CS2</i>		<i>CS3</i>		<i>CS4</i>		<i>CS5</i>		<i>CS6</i>	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
<b>8</b>	4	33,3%	7	22,6%	3	7,3%	0	0%	0	0%	0	0%
<b>9</b>	3	25,0%	8	25,8%	4	9,8%	0	0%	0	0%	0	0%
<b>10</b>	3	25,0%	7	22,6%	8	19,5%	3	7,3%	0	0%	0	0%
<b>11</b>	2	16,7%	5	16,1%	9	22,0%	5	12,2%	1	4,8%	0	0%
<b>12</b>	0	0%	4	12,9%	5	12,2%	8	19,5%	2	9,5%	0	0%
<b>13</b>	0	0%	0	0%	10	24,4%	10	24,4%	3	14,3%	0	0%
<b>14</b>	0	0%	0	0%	2	4,9%	9	22,0%	11	52,4%	4	50%
<b>15</b>	0	0%	0	0%	0	0%	6	14,6%	4	19,0%	4	50%
<b>Total</b>	12	100%	31	100%	41	100%	41	100%	21	100%	8	100%

**GRÁFICO N° 4. Distribución de la muestra según los Estadios de Maduración Cervical y edad.**



La tabla y gráfico 4 muestran la frecuencia de pacientes por edades en cada estadio cervical sin considerar el sexo. En el estadio CS1 el mayor número de pacientes tenía 8 años (33,3% del total de dicho estadio); en el estadio CS2 el grupo más numeroso fue el de 9 años (25,8%); en el caso de CS3 fue el grupo de 13 años el que tuvo mayor número de pacientes (24,4%) así como en el estadio CS4 (24,4%); en el estadio CS5 fue el grupo de 14 años el de mayor porcentaje (52,4%); finalmente en el estadio CS6 el mayor número de pacientes estuvo en los grupos de 14 y 15 años (50% cada uno).

**TABLA N° 5. Distribución de la muestra según los Estadios de Maduración Cervical, sexo y edad.**

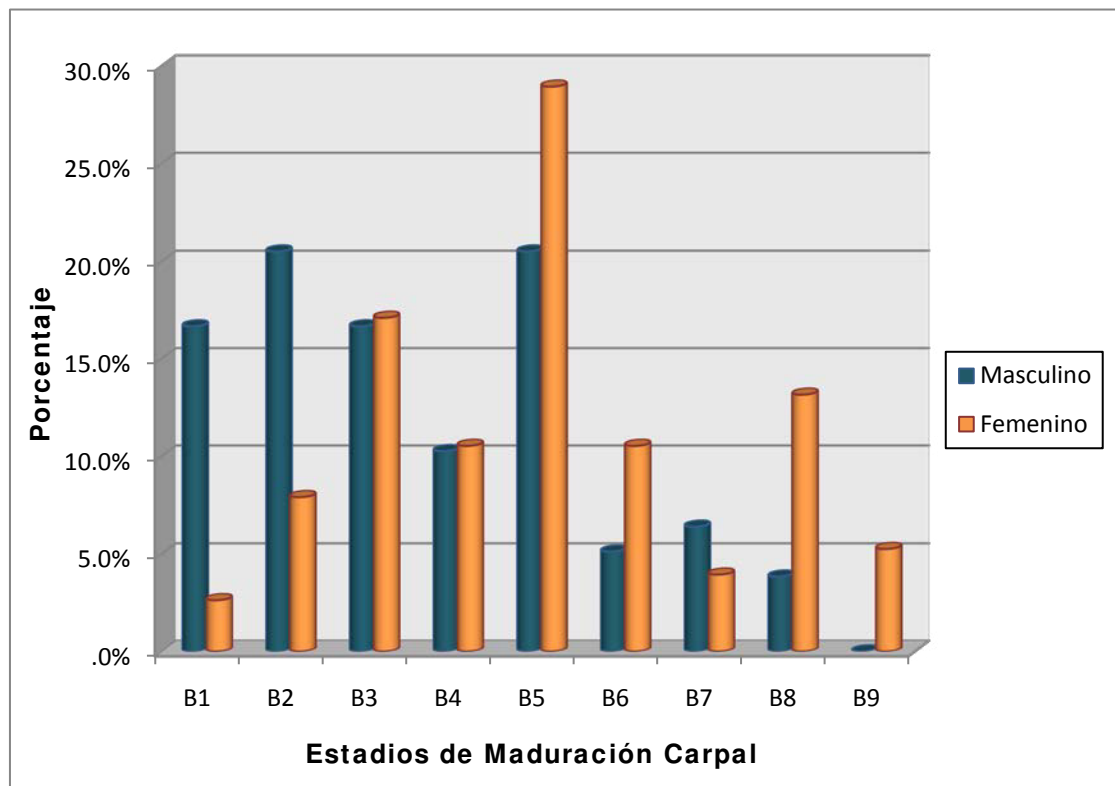
<i>Sexo</i>	<i>Edad</i>	<i>CS1</i>		<i>CS2</i>		<i>CS3</i>		<i>CS4</i>		<i>CS5</i>		<i>CS6</i>	
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
<b><i>Masculino</i></b>	<b>8</b>	4	40	5	22,7	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>9</b>	1	10	5	22,7	3	18,8	0	0	0	0	0	0
	<b>10</b>	3	30	4	18,2	1	6,3	0	0	0	0	0	0
	<b>11</b>	2	20	5	22,7	1	6,3	0	0	0	0	0	0
	<b>12</b>	0	0	3	13,6	2	12,5	4	21,1	2	20	0	0
	<b>13</b>	0	0	0	0	7	43,8	2	10,5	1	10	0	0
	<b>14</b>	0	0	0	0	2	12,5	8	42,1	3	30	0	0
	<b>15</b>	0	0	0	0	0	0	5	26,3	4	40	1	100
	<b>Total</b>	10	100	22	100	16	100	19	100	10	100	1	100
<b><i>Femenino</i></b>	<b>8</b>	0	0	2	22,2	3	12	0	0	0	0	0	0
	<b>9</b>	2	100	3	33,3	1	4	0	0	0	0	0	0
	<b>10</b>	0	0	3	33,3	7	28	3	13,6	0	0	0	0
	<b>11</b>	0	0	0	0	8	32	5	22,7	1	9,1	0	0
	<b>12</b>	0	0	1	11,1	3	12	4	18,2	0	0	0	0
	<b>13</b>	0	0	0	0	3	12	8	36,4	2	18,2	0	0
	<b>14</b>	0	0	0	0	0	0	1	4,5	8	72,7	4	57,1
	<b>15</b>	0	0	0	0	0	0	1	4,5	0	0	3	42,9
	<b>Total</b>	2	100	9	100	25	100	22	100	11	100	7	100

La tabla 5 muestra la frecuencia de individuos por edades para cada estadio cervical tanto en el sexo masculino como femenino. Se puede observar en el estadio CS1 que, mientras para el sexo masculino el grupo más numeroso fue el de 8 años (40% del total de dicho estadio), en el sexo femenino fue el de 9 años (100%). En el estadio CS2 para el sexo masculino fueron más numerosos los grupos de 8, 9 y 11 años (22,7% cada uno), mientras que para el sexo femenino fueron los de 9 y 10 años (33,3% cada uno). En el estadio CS3 encontramos en el sexo masculino un mayor número de pacientes en el grupo de 13 años (43,8%) mientras que en el femenino fue el grupo de 11 años (32%). En el estadio CS4 y sexo masculino fue el grupo de 14 años el más numeroso (42,1%), mientras que en el femenino tenemos al grupo de 13 años (36,4%). En el estadio CS5 y sexo masculino el grupo más numeroso fue el de 15 años (40%) mientras que en el femenino fue el de 14 años (72,7%). Finalmente en el estadio CS6 y sexo masculino fue el grupo de 15 años el más numeroso (100%) y en el sexo femenino el de 14 años (57,1%).

**TABLA N° 6. Distribución de la muestra según los Estadios de Maduración Carpal y sexo**

<i>Estadios de Maduración Carpal</i>	<i>Masculino</i>		<i>Femenino</i>	
	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>
<b><i>B1</i></b>	13	16,7	2	2,6
<b><i>B2</i></b>	16	20,5	6	7,9
<b><i>B3</i></b>	13	16,7	13	17,1
<b><i>B4</i></b>	8	10,3	8	10,5
<b><i>B5</i></b>	16	20,5	22	28,9
<b><i>B6</i></b>	4	5,1	8	10,5
<b><i>B7</i></b>	5	6,4	3	3,9
<b><i>B8</i></b>	3	3,8	10	13,2
<b><i>B9</i></b>	0	0	4	5,3
<b><i>Total</i></b>	78	100	76	100

**GRÁFICO N° 5. Distribución de la Muestra según los Estadios de Maduración Carpal y sexo**

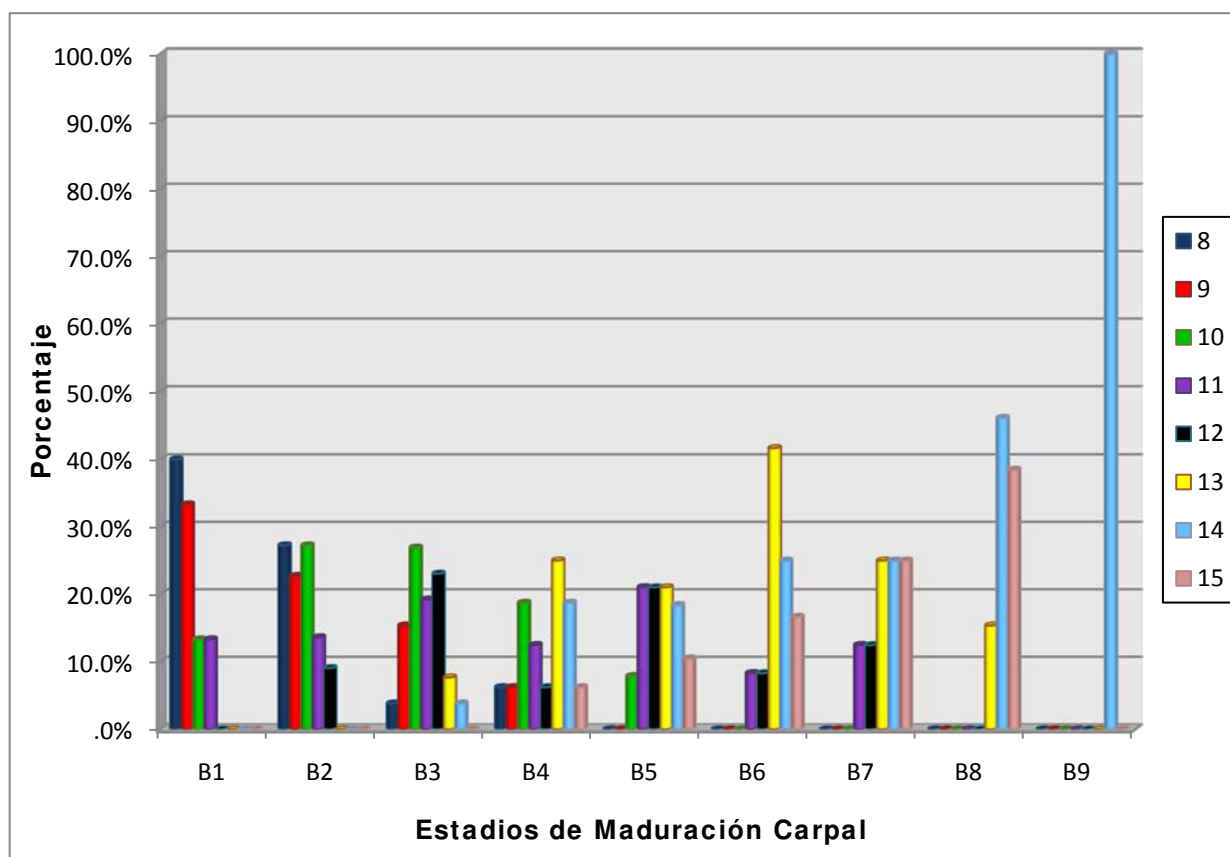


En la tabla 6 y gráfico 5 se muestra la frecuencia de pacientes en cada estadio carpal considerando el sexo. A excepción del estadio B9 en el sexo masculino, ningún estadio presentó ausencia de pacientes. Se observa que dentro del grupo de sexo masculino la mayor cantidad de pacientes estuvo en los estadios B2 y B5 (cada uno con 20,5% del total de dicho grupo), mientras que el grupo menos numeroso fue el estadio B9 (0%). En el sexo femenino el mayor número de pacientes perteneció al estadio B5 (28,9%), mientras que el menos numeroso estuvo en el estadio B1 (2,6%).

**TABLA N° 7. Distribución de la muestra según los Estadios de Maduración Carpál y edad.**

<i>Edad</i>	<i>B1</i>		<i>B2</i>		<i>B3</i>		<i>B4</i>		<i>B5</i>		<i>B6</i>		<i>B7</i>		<i>B8</i>		<i>B9</i>	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
<b>8</b>	6	40	6	27,3	1	3,8	1	6,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>9</b>	5	33,3	5	22,7	4	15,4	1	6,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>10</b>	2	13,3	6	27,3	7	26,9	3	18,8	3	7,9	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>11</b>	2	13,3	3	13,6	5	19,2	2	12,5	8	21,1	1	8,3	1	12,5	0	0	0	0
<b>12</b>	0	0	2	9,1	6	23,1	1	6,3	8	21,1	1	8,3	1	12,5	0	0	0	0
<b>13</b>	0	0	0	0	2	7,7	4	25	8	21,1	5	41,7	2	25	2	15,4	0	0
<b>14</b>	0	0	0	0	1	3,8	3	18,8	7	18,4	3	25	2	25	6	46,2	4	100
<b>15</b>	0	0	0	0	0	0	1	6,3	4	10,5	2	16,7	2	25	5	38,5	0	0
<b>Total</b>	15	100	22	100	26	100	16	100	38	100	12	100	8	100	13	100	4	100

**GRÁFICO N° 6. Distribución de la muestra según los Estadios de Maduración carpál y edad.**



En la tabla 7 y gráfico 6 se puede observar la frecuencia de pacientes por edades en cada estadio carpal sin considerar el sexo. Los grupos más numerosos fueron como sigue: en el estadio B1 el mayor número de pacientes estuvo en el grupo de 8 años (40% del total de dicho grupo), mientras que en el B2 los más numerosos fueron los grupos de 8 y 10 años (27,3% cada uno), por otro lado para el estadio B3 el más numeroso fue el grupo de 10 años (26,9 % del total de dicho grupo); mientras que para el estadio B4 fue el de 13 años (25%); asimismo para B6 el mayor porcentaje de pacientes estuvo en el grupo de 13 años (41,7%); en el caso del estadio B7 fueron los grupos de 13, 14 y 15 años (25% cada uno), en el estadio B8 estuvo el grupo de 14 años (46,2%) y finalmente el grupo más numeroso en el estadio B9 tuvo también 14 años (100%).

**TABLA N° 8. Distribución de la muestra según los Estadios de Maduración Carpál, sexo y edad**

<i>Sexo</i>	<i>Edad</i>	<i>B1</i>		<i>B2</i>		<i>B3</i>		<i>B4</i>		<i>B5</i>		<i>B6</i>		<i>B7</i>		<i>B8</i>		<i>B9</i>	
		<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>
<b><i>M</i></b>	<b>8</b>	5	38,5	4	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>9</b>	4	30,8	3	18,8	2	15,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>10</b>	2	15,4	4	25	1	7,7	1	12,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>11</b>	2	15,4	3	18,8	2	15,4	0	0	1	6,3	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>12</b>	0	0	2	12,5	5	38,5	1	12,5	2	12,5	0	0	1	20	0	0	0	0
	<b>13</b>	0	0	0	0	2	15,4	3	37,5	3	18,8	1	25	1	20	0	0	0	0
	<b>14</b>	0	0	0	0	1	7,7	2	25	7	43,8	1	25	1	20	1	33,3	0	0
	<b>15</b>	0	0	0	0	0	0	1	12,5	3	18,8	2	50	2	40	2	66,7	0	0
	<b>Total</b>	13	100	16	100	13	100	8	100	16	100	4	100	5	100	3	100	0	0
<b><i>F</i></b>	<b>8</b>	1	50	2	33,3	1	7,7	1	12,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>9</b>	1	50	2	33,3	2	15,4	1	12,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>10</b>	0	0	2	33,3	6	46,2	2	25	3	13,6	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>11</b>	0	0	0	0	3	23,1	2	25	7	31,8	1	12,5	1	33,3	0	0	0	0
	<b>12</b>	0	0	0	0	1	7,7	0	0	6	27,3	1	12,5	0	0	0	0	0	0
	<b>13</b>	0	0	0	0	0	0	1	12,5	5	22,7	4	50	1	33,3	2	20	0	0
	<b>14</b>	0	0	0	0	0	0	1	12,5	0	0	2	25	1	33,3	5	50	4	100
	<b>15</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4,5	0	0	0	0	3	30	0	0
	<b>Total</b>	2	100	6	100	13	100	8	100	22	100	8	100	3	100	10	100	4	100

La tabla 8 muestra la frecuencia por edades en cada estadio carpal tanto para el sexo masculino como para el femenino. Se puede observar en el estadio B1 que mientras para el sexo masculino el grupo más numeroso fue el de 8 años (38,5%), en el sexo femenino fueron los de 8 y 9 años (50% cada uno). Asimismo en el estadio B2 para el sexo masculino fueron más numerosos los grupos de 8 y 10 años (25% cada uno) mientras que para el sexo femenino fueron los grupos de 8, 9 y 10 años (33,3% cada uno). En el estadio B3 el de mayor porcentaje para el sexo masculino fue el de 12 años (38,5%) pero en el sexo femenino fue el de 10 años (46,2%). En el caso de B4 para el sexo masculino fue el de 13 años (37,5%) y para el femenino los grupos de 10 y 11 años (25% cada uno). Por otro lado en el B5 tenemos al grupo de 14 años (43,8%) para el sexo masculino, mientras que para el sexo femenino al grupo de 11 años (31,8%). En el estadio B6 fue el más numeroso el grupo de 15 años (50%) para el sexo masculino y 13 años (50%) para el sexo femenino. Asimismo en el estadio B7 los de mayor porcentaje fueron el grupo de 15 años (40%) para el masculino, mientras que para el femenino los de 11, 13 y 14 años (33,3% cada uno). En el caso de B8 los más numerosos fueron el grupo de 15 años (66,7%) para el masculino y 14 años (50%) para el femenino. No hubo pacientes de sexo masculino que estuvieran en el estadio B9, mientras que para el sexo femenino fue el grupo de 14 años (100%) el más numeroso en dicho estadio.

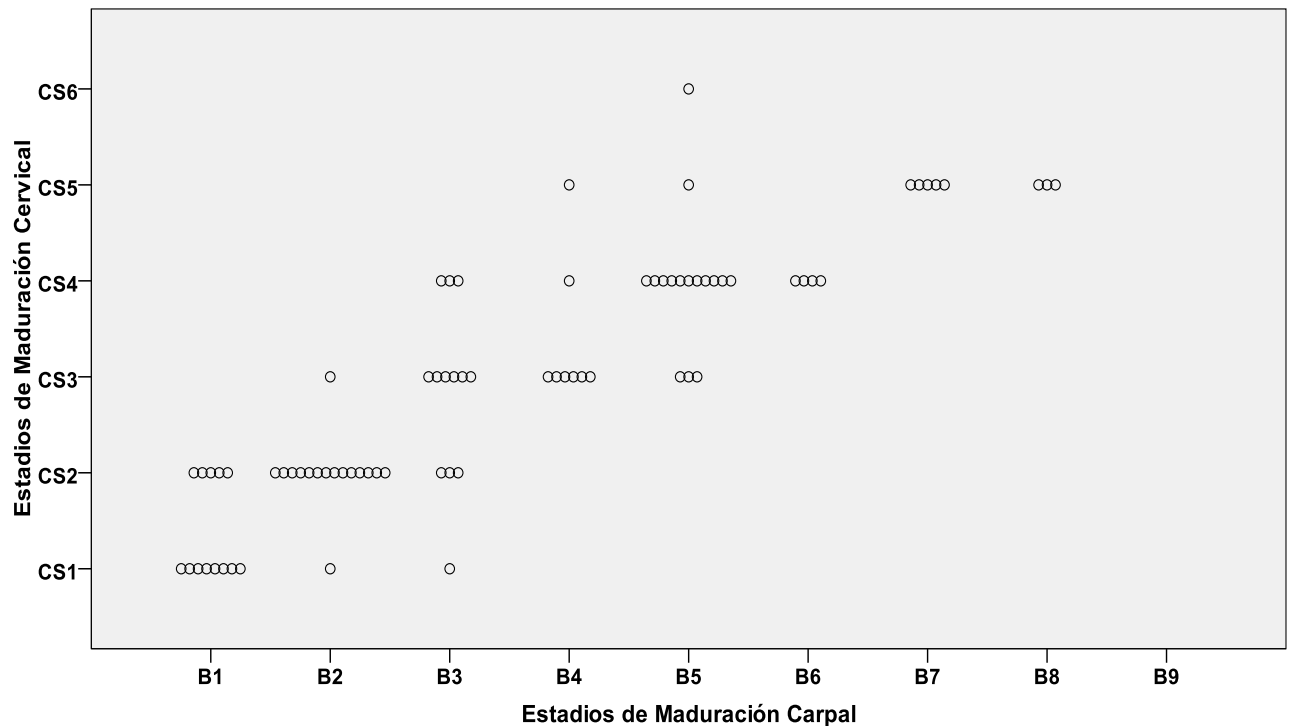


**TABLA N° 9. Correlación entre los Estadios de Maduración Cervical y Carpal en el sexo masculino.**

<i>ESTADIOS DE MADURACIÓN CARPAL</i>	<i>ESTADIOS DE MADURACIÓN CERVICAL</i>											
	<i>CS1</i>		<i>CS2</i>		<i>CS3</i>		<i>CS4</i>		<i>CS5</i>		<i>CS6</i>	
	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>
<b><i>B1</i></b>	8	80	5	22,7	0	0	0	0	0	0	0	0
<b><i>B2</i></b>	1	10	14	63,6	1	6,3	0	0	0	0	0	0
<b><i>B3</i></b>	1	10	3	13,6	6	37,5	3	15,8	0	0	0	0
<b><i>B4</i></b>	0	0	0	0	6	37,5	1	5,3	1	10	0	0
<b><i>B5</i></b>	0	0	0	0	3	18,8	11	57,9	1	10	1	100
<b><i>B6</i></b>	0	0	0	0	0	0	4	21,1	0	0	0	0
<b><i>B7</i></b>	0	0	0	0	0	0	0	0	5	50	0	0
<b><i>B8</i></b>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	30	0	0
<b><i>B9</i></b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b><i>Total</i></b>	10	100	22	100	16	100	19	100	10	100	1	100

La tabla 9 muestra las correlaciones de cada uno de los estadios cervicales con los estadios carpales en el sexo masculino. Se puede ver que el estadio CS1 se correlacionó con los estadios B1, B2 y B3 pero principalmente con B1 (80% de los casos). En el caso de CS2, éste se correlacionó con B1, B2 y B3 siendo B2 y B1 los de mayor número de casos (63,6% y 22,7% respectivamente). El estadio CS3 se correlacionó con B2, B3, B4 y B5 de los que destacaron B3 y B4 (37,5% cada uno). Con respecto al estadio CS4, éste se correlacionó con B3, B4, B5 y B6, siendo B5 y B6 los de mayor porcentaje (57,9% y 21,1% respectivamente). Por otro lado el estadio CS5 alcanzó a correlacionarse con B4, B5, B7 y B8 con una mayor incidencia en los estadios B7 y B8 (50% y 30% respectivamente). Finalmente el estadio CS6 se correlacionó con B5 (100% de los casos).

**GRÁFICO N° 7. Correlación entre los Estadios de Maduración Cervical y Carpal en el sexo masculino.**



En el gráfico 7 la yuxtaposición de puntos muestra una fuerte asociación entre las categorías de uno y otro método. Asimismo se observa una relación de tipo lineal entre los estadios de maduración cervical con los estadios de maduración carpal que se demuestra a través de la Línea de Ajuste Total, la dirección de esta línea explica que un incremento en el Eje de categorías carpales conllevará al incremento en el Eje de categorías cervicales, por lo que hay una correlación fuerte positiva.

**TABLA N° 10. Grado de correlación según el Coeficiente de Spearman entre los Estadios de Maduración Cervical y los Estadios de Maduración Carpal en el sexo masculino.**

<i><b>Sexo</b></i>	<i><b>n</b></i>	<i><b>r</b></i>	<i><b>p</b></i>
Masculino	78	0,896	< 0,001

r, Coeficiente de Spearman.

p, significación estadística.

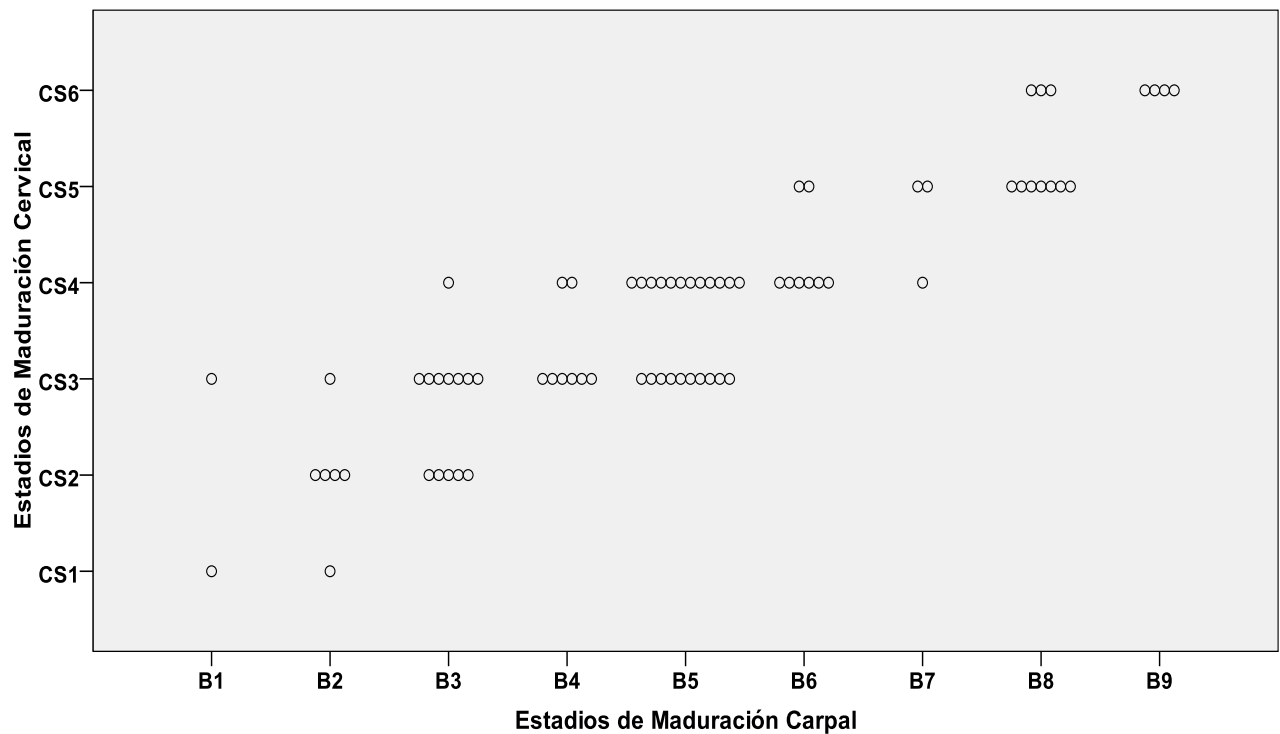
La tabla 10 muestra, mediante el Coeficiente de Spearman, el valor matemático del grado de correlación entre los estadios cervicales y carpales en el sexo masculino. Se observa un total de 78 individuos de los que resulta un coeficiente de 0,896 con una significancia estadística menor a 0,001.

**TABLA N° 11. Correlación entre los Estadios de Maduración Cervical y Carpal en el sexo femenino**

<i>ESTADIOS DE MADURACIÓN CARPAL</i>	<i>ESTADIOS DE MADURACIÓN CERVICAL</i>											
	<i>CS1</i>		<i>CS2</i>		<i>CS3</i>		<i>CS4</i>		<i>CS5</i>		<i>CS6</i>	
	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>
<b>B1</b>	1	50	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0
<b>B2</b>	1	50	4	44,4	1	4	0	0	0	0	0	0
<b>B3</b>	0	0	5	55,6	7	28	1	4,5	0	0	0	0
<b>B4</b>	0	0	0	0	6	24	2	9,1	0	0	0	0
<b>B5</b>	0	0	0	0	10	40	12	54,5	0	0	0	0
<b>B6</b>	0	0	0	0	0	0	6	27,3	2	18,2	0	0
<b>B7</b>	0	0	0	0	0	0	1	4,5	2	18,2	0	0
<b>B8</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	7	63,6	3	42,9
<b>B9</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	57,1
<b>Total</b>	2	100	9	100	25	100	22	100	11	100	7	100

La tabla 11 muestra las correlaciones de cada uno de los estadios cervicales con los estadios carpales en el sexo femenino. Se observa que CS1 se correlacionó con B1 y B2 (50% cada uno). En el caso de CS2 se correlacionó con los estadios B2 y B3, siendo este último el de mayor número de casos (55,6%). El estadio CS3 se correlacionó con B1, B2, B3, B4 y B5 con una mayor incidencia en B5 (40%). Con respecto al estadio CS4, éste se correlacionó con B3, B4, B5 y B7 destacando B5 (54,5%). Por otro lado el estadio CS5 alcanzó a correlacionarse con B6, B7 y B8 sobresaliendo el estadio B8 (63,6%). Finalmente el estadio CS6 se correlacionó con B8 y B9 siendo este último el de mayor incidencia (57,1%).

**GRÁFICO N° 8. Correlación entre los Estadios de Maduración Cervical y Carpal en el sexo femenino**



En el gráfico 8 se observa que los puntos yuxtapuestos manifiestan una gran asociación entre las categorías de uno y otro método. Asimismo la Línea de Ajuste Total muestra una relación de tipo lineal entre los estadios cervicales y carpales, la dirección de dicha línea manifiesta una correlación fuerte positiva es decir si en un eje la categoría aumenta en el otro también lo hará.

**TABLA N° 12. Grado de correlación según el Coeficiente de Spearman entre los Estadios de Maduración Cervical y los Estadios de Maduración Carpal en el sexo femenino.**

<i><b>Sexo</b></i>	<i><b>n</b></i>	<i><b>r</b></i>	<i><b>p</b></i>
Femenino	76	0,885	< 0,001

r, Coeficiente de Spearman.

p, significación estadística.

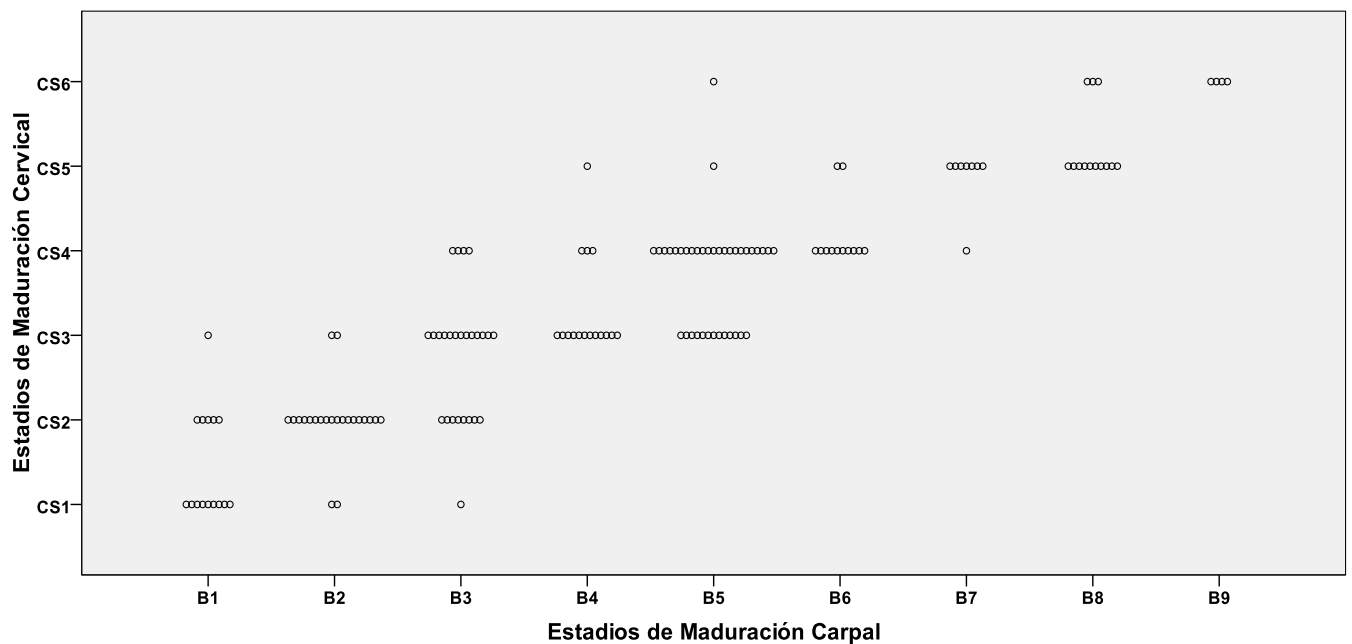
La tabla 12 muestra a través del Coeficiente de Spearman el valor matemático del grado de correlación entre los estadios cervicales y carpales en el sexo femenino. Se puede observar que de 76 casos se obtuvo un coeficiente de 0,885 con una significancia estadística menor a 0,001.

**TABLA N° 13. Correlación entre los Estadios de Maduración Cervical y Carpal en la muestra total.**

<i>ESTADIOS DE MADURACIÓN CARPAL</i>	<i>ESTADIOS DE MADURACIÓN CERVICAL</i>											
	<i>CS1</i>		<i>CS2</i>		<i>CS3</i>		<i>CS4</i>		<i>CS5</i>		<i>CS6</i>	
	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>
<b><i>B1</i></b>	9	75	5	16,1	1	2,4	0	0	0	0	0	0
<b><i>B2</i></b>	2	16,7	18	58,1	2	4,9	0	0	0	0	0	0
<b><i>B3</i></b>	1	8,3	8	25,8	13	31,7	4	9,8	0	0	0	0
<b><i>B4</i></b>	0	0	0	0	12	29,3	3	7,3	1	4,8	0	0
<b><i>B5</i></b>	0	0	0	0	13	31,7	23	56,1	1	4,8	1	12,5
<b><i>B6</i></b>	0	0	0	0	0	0	10	24,4	2	9,5	0	0
<b><i>B7</i></b>	0	0	0	0	0	0	1	2,4	7	33,3	0	0
<b><i>B8</i></b>	0	0	0	0	0	0	0	0	10	47,6	3	37,5
<b><i>B9</i></b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	50
<b><i>Total</i></b>	12	100	31	100	41	100	41	100	21	100	8	100

La tabla 13 permite observar las correlaciones de cada uno de los estadios cervicales con los estadios carpales en el total de la muestra. Se puede ver que el estadio CS1 se correlacionó con los estadios B1, B2 y B3 pero principalmente con B1 (75%). En el caso de CS2 lo hizo con los estadios B1, B2 y B3 siendo el estadio B2 el de mayor número de casos (58,1%). El estadio CS3 se correlacionó con B1, B2, B3, B4 y B5 de los que destacaron B3, B4 y B5 (31,7%; 29,3% y 31,7% respectivamente). Con respecto al estadio CS4, éste lo hizo con B3, B4, B5, B6 y B7 siendo B5 y B6 los de mayor porcentaje (56,1% y 24,4% respectivamente). Por otro lado el estadio CS5 alcanzó a correlacionarse con B4, B5, B6, B7 y B8 con una mayor incidencia en B7 y B8 (33,3% y 47,6% respectivamente). Finalmente el estadio CS6 logró correlacionarse con B5, B8 y B9 destacando B8 y B9 (37,5% y 50% respectivamente).

**GRÁFICO N° 9. Correlación entre los Estadios de Maduración Cervical y Carpal en la muestra total.**



En el gráfico 9 se observa las correlaciones en toda la muestra. Prevalece los puntos yuxtapuestos sobre los dispersos lo que indica una gran asociación entre las categorías de uno y otro método. La Línea de ajuste Total muestra una relación de tipo lineal entre los estadios cervicales y carpales; la dirección de dicha línea explica que al aumentar el estadio de maduración carpal aumentará también el estadio de maduración cervical por lo tanto en la muestra total hay una correlación fuerte positiva entre ambos métodos.



**TABLA N° 14. Grado de correlación según el Coeficiente de Spearman entre los Estadios de Maduración Cervical y los Estadios de Maduración Carpal en la muestra total.**

	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
<b><i>Muestra total</i></b>	154	0,892	< 0,001

r, Coeficiente de Spearman.

p, significación estadística.

La tabla 14 muestra a través del Coeficiente de Spearman el valor matemático del grado de correlación entre los estadios cervicales y carpales en la muestra total. Se puede observar que de un total de 154 casos el coeficiente hallado fue de 0,892 con una significancia estadística menor a 0,001.

## **V. DISCUSIÓN.**

El reconocimiento de la edad esquelética permite evaluar el desarrollo de un individuo, estimar su potencial de crecimiento y con ello llevar a cabo un adecuado diagnóstico así como la elección de la terapia apropiada para el tratamiento de displasias dento-esqueléticas; mucha de la aparatología que pudiera emplearse para tal fin sólo tendrá efecto en pacientes con amplia capacidad de crecimiento.

En la actualidad y en nuestro medio la determinación de la edad esquelética se realiza a través de los Indicadores de Maduración Carpal, cuya eficacia ha sido ampliamente probada <sup>(11, 47, 48, 49, 50)</sup>. Por el contrario, el uso de los Indicadores de Maduración Cervical, llegaría a prescindir de la radiografía carpal, pues ésta se realiza en una cefalométrica convencional, lo cual conlleva a una mejora sustancial tanto en el ámbito profesional, porque simplifica al odontólogo el manejo y análisis radiográfico; en el aspecto económico, porque disminuye la inversión económica del paciente y en el aspecto social porque reduce la exposición a radiación en la población que opta por un tratamiento ortodóncico. Sin embargo la variabilidad y cronología genera diferencias ya sea en el tiempo de ocurrencia, intensidad, velocidad, etc. de algunos fenómenos biológicos en el ser humano, tal es el caso de la maduración fisiológica, y siendo el factor racial altamente influyente en dicha variabilidad y cronología resulta por lo tanto necesaria la evaluación de la referida metodología en los distintos grupos raciales.

Se utilizó el método propuesto por Baccetti et al. <sup>(26)</sup> por el sustento científico que demuestra así como la simplificación y eficacia del mismo, el cual se basa en los cambios anatómicos de únicamente tres vértebras: C2, C3 y C4 con los que se detallan seis estadios.

Los casos estudiados, al ser elegidos de manera no probabilística, corresponden a una muestra representativa, en tal circunstancia los hallazgos de esta investigación son extrapolables a la población.

Los resultados encontrados en el presente estudio revelan que cada estadio cervical en el sexo femenino es alcanzado relativamente a edades más tempranas, en promedio 1 a 2 años, en relación al sexo masculino, lo mismo se puede observar en el estudio de Guiulfo <sup>(36)</sup> que utiliza los estadios cervicales de Hassel y Farman con el objetivo de encontrar el promedio de edad del pico de crecimiento puberal en la población peruana, así como en trabajos realizados por Uysal et al. <sup>(29)</sup>, Alkhal et al. <sup>(35)</sup> y Chang et al. <sup>(20)</sup> en otras etnias; dicha anticipación, en la maduración femenina, se encontró también al emplear el método carpal, en donde el grupo de sexo femenino alcanzó igualmente estadios carpales antes que el sexo masculino, estos resultados coinciden con los encontrados por Paredes <sup>(24)</sup>, Ramos <sup>(25)</sup>, Caballero <sup>(27)</sup>, Coronado <sup>(34)</sup>, Hidalgo <sup>(19)</sup>, Orellana et al. <sup>(32)</sup>, en la población peruana, y se explica por diferencias propias del dimorfismo sexual.

Asimismo se observó que para el total de la muestra así como en cada sexo independiente, el estadio CS1 se llegó a correlacionar principalmente con B1 y B2; el estadio CS2 se correlacionó con B2 y B3, el estadio CS3 con B3, B4 y B5, mientras que el estadio CS4 con B5 y B6, el estadio CS5 lo hizo con B7 y B8 y finalmente el estadio CS6 con B8 y B9. Este hallazgo guarda una estrecha relación al estudio de Gandini et al. <sup>(31)</sup> quienes dividieron los estadios de Björk en intervalos semejantes a los anteriormente descritos para luego correlacionarlos a los cinco estadios propuestos inicialmente por Baccetti et al. <sup>(22)</sup>; sin embargo, ellos utilizan el índice kappa como medida de asociación entre variables, encontrando un valor de  $0,783 \pm 0,098$ .

Al ordenar las categorías asociadas en una gráfica de dispersión, éstas describen una correlación lineal, fuerte y positiva, lo que demuestra, que la maduración cervical avanza simultánea a la maduración carpal. Lo mismo fue reportado por Alkhal et al. <sup>(35)</sup>, Wong et al. <sup>(38)</sup>

En esta investigación el grado de correlación hallado para el sexo masculino fue de 0,896; para el sexo femenino fue de 0,885; mientras que para la muestra total fue de

0,892; los cálculos fueron realizados con una significancia estadística (p) menor a 0,001; en consecuencia, de acuerdo a los criterios de interpretación de los valores de Spearman, se encontró una alta correlación entre los estadios de maduración cervical y estadios de maduración carpal en individuos de raza mestiza y origen peruano, por lo que se valida la hipótesis de este estudio. Estos resultados coinciden con los hallazgos en otros grupos raciales como en el trabajo realizado por Wong et al.<sup>(38)</sup> quienes correlacionaron los estadios propuestos por Baccetti con los estadios carpales de Hägg y Taranger en pacientes de raza china encontrando un “r” igual a 0,9521 para el sexo masculino y 0,9408 para el sexo femenino; en el estudio de Uysal et al.<sup>(29)</sup> se correlacionaron los estadios de maduración cervical propuestos por Hassel y Farman con los estadios de Björk en sujetos de origen turco hallando un “r” de 0,78 para el sexo masculino; 0,88 para el sexo femenino y 0,86 para la muestra total; Alkhal et al.<sup>(35)</sup> por su parte lograron correlacionar los estadios cervicales de Baccetti con los estadios carpales de Fishman encontrando un “r” de 0,9206 para el sexo masculino y 0,9363 para el femenino, esto en individuos del sur de china; por otro lado Chang et al.<sup>(20)</sup> correlacionaron las categorías cervicales de Lamparski con los estadios carpales de Fishman en una muestra de la población taiwanesa encontrando un “r” de 0,973 para el sexo masculino y 0,9701 para el sexo femenino; resultados semejantes obtuvieron San Román et al.<sup>(21)</sup> cuando correlacionaron los estadios cervicales de Hassel y Farman con los estadios carpales de Björk en pacientes de raza caucásica encontrando un “r” igual a 0,77 para el sexo masculino y 0,84 para el sexo femenino. Todos estos valores revelan finalmente la alta eficacia de la metodología cervical en los grupos poblacionales mencionados.

Al comparar los valores del Coeficiente de Spearman obtenidos para el sexo masculino y femenino (0,896 y 0,885 respectivamente), se encuentra una diferencia mínima, en tal sentido la alta correlación que cada uno de estos valores describe, explica la elevada confiabilidad de el Método de Maduración Cervical para ambos sexos indistintamente en

individuos de raza mestiza y origen peruano. Esto coincide con los resultados de Wong et al.<sup>(38)</sup>, Alkhal et al.<sup>(35)</sup>, Chang et al.<sup>(20)</sup> en cuyos estudios se observa igualmente correlaciones altas en hombres y mujeres. Sin embargo Uysal et al.<sup>(29)</sup> encontraron una moderada correlación para el sexo masculino(0,78) en comparación a la alta correlación en el femenino (0,88), lo mismo se puede observar en el trabajo de San Román et al.<sup>(21)</sup> en donde el sexo femenino mostró también un mayor grado de correlación en relación al masculino (0,84 y 0,77 respectivamente); es por ello que estos investigadores concluyen que, el método es significativamente más confiable para el sexo femenino en el respectivo grupo étnico analizado. Lo anteriormente descrito evidencia la gran influencia racial en el concepto de variabilidad.

Finalmente se reafirma la validez, reproductibilidad y confiabilidad de El Método de Maduración Cervical en la población estudiada y para ambos sexos por igual, pues los resultados así lo demuestran.

## **VI. CONCLUSIONES.**

1. Existe una alta correlación entre los Estadios de Maduración Cervical y los Estadios de Maduración Carpal en individuos de raza mestiza y origen peruano.
2. Los Indicadores de Maduración Cervical son válidos, confiables y reproducibles en sujetos de raza mestiza y origen peruano.
3. El Método de Maduración Cervical es efectivo y aplicable para la evaluación de la edad esquelética en individuos de raza mestiza y origen peruano, por lo que puede ser usado para definir el tiempo óptimo de aplicación de un determinado tratamiento, sea éste ortodóncico, ortopédico u ortognático.
4. No existe diferencia en el grado de confiabilidad de el Método de Maduración Cervical entre el sexo masculino y femenino, por lo que puede usarse para ambos sexos indistintamente en individuos de origen peruano.

## ***VII. RECOMENDACIONES.***

1. Realizar estudios longitudinales en la población de origen peruano que relacionen a los Indicadores de Maduración Cervical con el crecimiento maxilomandibular a través del tiempo.
2. Para estudios posteriores se recomienda ampliar la muestra y el rango de edad que afiance los resultados encontrados en la presente investigación.
3. Es necesario seguir evaluando la eficacia de la metodología cervical en otros grupos étnicos.

## **VIII. RESUMEN.**

El propósito del presente estudio fue verificar la validez y aplicabilidad de la maduración de vértebras cervicales como un indicador de la edad esquelética en sujetos de raza mestiza y origen peruano. Para ello se seleccionó una muestra conformada por 154 pacientes (78 varones y 76 mujeres) de 8 a 15 años de edad atendidos por el Servicio de Odontopediatría-Ortodoncia y Unidad de Postgrado de Ortodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en Lima-Perú. La maduración cervical fue evaluada siguiendo el método propuesto por Baccetti et al. mientras que la maduración carpal según el método de Björk, Grave y Brown. A través del Índice kappa se determinaron la variabilidad interobservador (previo al estudio) y variabilidad intraobservador (durante el estudio), los valores encontrados en ambos casos indicaron una alta reproductibilidad tanto para el método cervical como para el método carpal. La lectura radiográfica fue hecha siguiendo un protocolo que permite el correcto reconocimiento de estructuras óseas, se trazaron cefalogramas en papel de acetato en los que se dibujaron las vértebras C2, C3 y C4 para así evaluar la maduración cervical. Todos los datos obtenidos fueron consignados en una ficha para su posterior procesamiento. Se usó el Coeficiente lineal de Spearman ("r") para determinar el grado de correlación entre los estadios de maduración cervical y carpal de acuerdo a sexo. El "r" hallado para el sexo masculino fue de 0,896; para el sexo femenino fue de 0,885 mientras que para la muestra total fue de 0,892; estos resultados muestran, en consecuencia, un alto grado de correlación entre los estadios de maduración cervical y carpal. Se concluye que el Método de Maduración Cervical es válido y aplicable para la evaluación de la edad esquelética en individuos de raza mestiza y origen peruano por lo que puede ser usado para definir el tiempo óptimo de aplicación de un determinado tratamiento sea este ortodóncico, ortopédico u ortognático.

Palabras claves: maduración de vértebras cervicales, edad esquelética, vértebras cervicales, estadios cervicales.



## SUMMARY

The purpose of this study was to verify the validity and enforceability of the cervical vertebrae maturation as an indicator of skeletal age in individuals of mixed race and Peruvian origin. We selected a sample comprised 154 patients (78 males and 76 females) aged 8 to 15 years old treated by the service of Orthodontics and Pediatric Dentistry and Graduate Orthodontic Unit of the Faculty of Dentistry of Universidad Nacional Mayor de San Marcos in Lima-Peru. Cervical maturation was assessed following the method proposed by Baccetti et al. while carpal was assessed using the method of Björk, Grave and Brown. The interexaminer (prior to study) and intraexaminer (during the study) reproducibility was determined using Kappa; the values found in both cases indicated a high reproducibility for both the cervical approach to the carpal method. Radiographic reading was made following a protocol that allows the correct recognition of structures, cephalograms were traced on acetate paper in which they drew the vertebrae C2, C3 and C4 in order to assess cervical vertebral maturation. All data were entered in a file for further processing. The Spearman rank order correlation coefficient was used to determine the degree of correlation between stage of cervical maturation and carpal according to sex. The Spearman coefficient found for the males was 0.896, for females was 0.885 while for the total sample of 0.892, these results show, therefore, a high degree of correlation between stage of cervical maturation and carpal. Concluded that Cervical-vertebrae maturation method is a valid indicator of skeletal growth in individuals of mixed race and Peruvian origin which can be used to define the optimal time of application of a particular orthodontic, orthopedic or orthognathic treatment.

Key words: Cervical vertebral maturation, Skeletal age, Cervical vertebrae, Cervical stages.

## **IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Williams P. y Warwick R. "GRAY ANATOMÍA". Tomo I. Salvat Editores S.A. Primera Edición. Barcelona 1986. Pag. 298-306.
2. Testut L. Latarjet A. "ANATOMÍA HUMANA". Tomo I. Salvat Editores S.A. Séptima edición. Barcelona 1986. Pag.44-64.
3. Putz R. y Pabst R. ED. "SOBOTTA: ATLAS DE ANATOMÍA HUMANA". Tomo II. Editorial Médica Panamericana. Veinteava Edición. Madrid 1994.
4. Olson I. y Tood R. "A.D.A.M: STUDENT ATLAS OF ANATOMY". Editorial Williams & Wilkins. Primera Edición. USA 1996.
5. Moyers Robert "MANUAL DE ORTODONCIA". Editorial Médica Panamericana. Cuarta Edición. Buenos Aires 1992.
6. Interlandi S. "ORTODONCIA: BASES PARA LA INICIACIÓN". Editorial Artes Médicas. Quinta edición. 2002.
7. Vellini Ferreira F. "ORTODONCIA: DIAGNÓSTICO Y PLANIFICACIÓN CLÍNICA". Editorial Artes Médicas. Primera edición. Brasil 2002.
8. d'Escriván de Saturno L. "ORTODONCIA EN DENTICIÓN MIXTA". Editorial Amolca. Edición año 2007.

9. Proffit W. "ORTODONCIA CONTEMPORÁNEA". Editorial Elsevier. Cuarta edición. 2008.
10. Uribe Restrepo G. "ORTODONCIA: TEORÍA Y CLÍNICA". Corporación para investigaciones biológicas. Edición 2008.
11. Björk A, Helm S. Prediction of the age of maximum pubertal growth in body height. Angle Orthod. 1967 Apr; 37(2): 134-43.
12. Lamparski D.G. Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae. Unpublished master's thesis. Pittsburgh, P A, Department of orthodontics, University of Pittsburgh, 1972.
13. Grave K.C, Brown T. Skeletal ossification and the adolescent growth spurt. Am J Orthod. 1976 Jun; 69(6): 611-9.
14. Hägg U, Taranger J. Maturation indicators and the pubertal growth spurt. Am J Orthod. 1982 Oct; 82(4): 299-309.
15. Fishman L S. Radiographic evaluation of skeletal maturation. A clinically oriented method based on hand-wrist films. Angle Orthod. 1982 Apr; 52(2): 88-112.
16. O'Reilly M, Yanniello G. J. Mandibular growth changes and maturation of cervical vertebrae: a longitudinal cephalometric study. Angle Orthod. 1988; 58: 179-184.
17. Hellsing E. Cervical vertebral dimensions in 8-, 11-, and 15- years-old children. Acta Odontol Scand. 199; 49: 207-213.

18. Hassel B, Farman A. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995; 107: 58-66.
19. Hidalgo S. C. Correlación entre la edad cronológica e indicadores de maduración esquelética de la mano en peruanos de 9 a 16 años de edad. TE-UPCH. Lima, 2000.
20. Chang HP, Liao CH, Yang YH, Chang HF, Chen KC. Correlation of cervical vertebra maturation with hand-wrist maturation in children. *Kaohsiung J Med Sci* 2001; 17: 29-35.
21. San Román P, Palma J, Oteo M, Nevado E. Skeletal maturation by cervical vertebrae development. *European Orthodontics Society.* 2002; 24: 303-311.
22. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr. An Improved Version of the Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Mandibular Growth. *Angle Orthod* 2002; 72: 316-323.
23. Grave K, Townsend G. Cervical vertebral maturation as a predictor of adolescent growth spurt. *Aust Orthod J.* 2003; 19: 25-32.
24. Paredes C. Comparación de los estadios de osificación determinados por Hägg y Taranger entre niños suecos y peruanos mestizos de 8 a 17 años para ser empleado en el tratamiento ortodóncico. TB-USMP, 2003.

25. Ramos P. O. Evaluación de los estadios de maduración esquelética según Fishman en niños de 8 a 16 años de edad del distrito de Tambo de Mora-Chincha. TM-UPCH. Lima, 2004.
26. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr. The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics. Semin Orthod 2005; 11: 119-129.
27. Caballero M.E. Evaluación de los estadios de maduración óseo carpal según Fishman y su relación con la edad cronológica en niños de 7 a 15 años de edad atendidos en la Clínica Odontológica de la UNMSM. TB-UNMSM. Lima, 2005.
28. Ortiz M, Godoy S, Fuenmayor D, Farías M, Quirós O, Rondón S, et al. Método de maduración ósea de las vértebras cervicales, en pacientes del diplomado de ortodoncia interceptiva. UGMA-2006. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría.
29. Uysal T, Ramoglu S.I, Basciftci F.A, Sari Z. Chronological age and skeletal maturation of the cervical vertebrae and hand-wrist: is there a relationship? Am J Orthod Dentofacial Orthop 2006; 130: 622-628.
30. Flores C, Burgess C, Champney M, Jensen R, Pitcher M, Major P. Correlation of skeletal maturation stages determined by cervical vertebrae and hand-wrist evaluations. Angle Orthodontist 2006; 76(1): 1-5.
31. Gandini P, Mancini M, Andreani F. A Comparison of Hand-wrist Bone and Cervical Vertebral Analyses in Measuring Skeletal Maturation. Angle Orthodontist 2006; 76(6): 984-989.

32. Orellana T, Marengo H, Soldevilla L, Orellana M. Estudio de la maduración ósea en pacientes niños de la Clínica Odontológica de la UNMSM. Revista científica Odontología Sanmarquina 2006; 9(2): 25-27.
33. Gu Y, McNamara A. Mandibular Growth Changes and Cervical Vertebral Maturation: A cephalometric implant study. Angle Orthodontist 2007; 77(6): 947-953.
34. Coronado M. Estudio radiográfico-comparativo de los estadios de maduración de la falange media del tercer dedo de la mano derecha e izquierda en pacientes de 8 a 15 años de edad de la Clínica de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. TB-UNMSM. Lima, 2007.
35. Alkhal H, Wong R, Rabie A. Correlation between chronological age, cervical vertebral maturation and Fishman's skeletal maturity indicators in southern Chinese. Angle Orthodontist 2008; 78(4): 591-596.
36. Guiulfo N J. Edad promedio del pico de crecimiento puberal en adolescentes del Centro Médico Naval "CMST" 2007-2008. TB-UNMSM. Lima, 2008.
37. Stiehl J, Müller B, Dibbets J. The development of the cervical vertebrae as an indicators of skeletal maturity: comparison with the classic method of hand-wrist radiograph. J Orofac Orthop 2009; 70(4): 327-335.
38. Wong R, Alkhal H, Rabie A. Use of cervical vertebral maturation to determine skeletal age. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. Oct 2009; 136(4): 484e1 – 484e6.

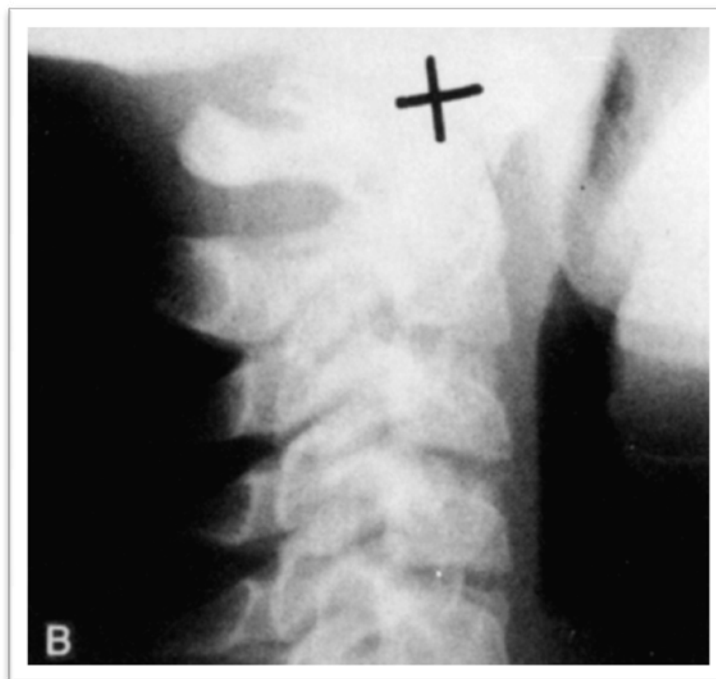
39. Fundalej P, Bollen AM. Effectiveness of the cervical vertebral maturation method to predict postpeak circumpuberal growth of craniofacial structures Am J Orthod. Dentofacial Orthop. 2010 Jan; 137(1): 59-65.
40. Johnson BM, McNamara JA, Bandeen R, Baccetti T. Changes in soft tissue nasal widths associated with rapid maxillary in prepubertal and postpubertal subjects. Angle Orthodontist 2010; 80(6): 995-1001.
41. Flores-Mir C, Nebbe B, Major PW. Use of skeletal maturation based on hand-wrist radiographic analysis as a predictor of facial growth: a systematic review. Angle Orthod. 2004; 74(1): 118-124.
42. Tanner JM, Whitehouse RH. A new system for estimating skeletal maturity from the hand and wrist, with standards derived from a study of 2600 healthy British Children. Part II, the scoring system. International Children's Centre, Paris 1962.
43. Tanner JM, Whitehouse RH, Marshall WA, Healy MJR, Goldstein H. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 method). Academic Press 2<sup>nd</sup>. Ed 1983. London.
44. Tanner JM, Healy MJR, Goldstein H, Cameron N. Assessment of skeletal maturity and prediction oh adult height (TW3 method). 3<sup>rd</sup> edition. London: Saunders 2001.
45. Xi HJ, Roche AF. Differences between the hand-wrist and the knee in assigned skeletal ages. Am J Phys Anthropol. 1990 Sep; 83(1): 95-102.

46. Abdel – Kader HM. The reliability of dental x-ray film in assessment of MP3 stages of the pubertal growth spurt. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1998 Oct; 114(4): 427-429.
47. Acheson RM, Vicinus JH, Fowler GB. Studies in the reliability of assessing skeletal maturity from X-rays. Part III. Greulich-Pyle atlas and Tanner-Whitehouse method contrasted. *Human Biol*. 1996; 38: 204-218.
48. Houston WQ. Relationship between maturity estimated from hand-wrist radiographs and timing of the adolescent growth spurt. *Eur J Orthod*. 1980; 2: 81-95.
49. Moed G, Byron W, Vandegrift HN. Studies of physical disability, reliability of measurement of skeletal age from hand film. *Child Dev*. 1962; 33:37-56.
50. Moore RN, Moyer BA, DuBois LM. Skeletal maturation and craniofacial growth. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1990; 90:33-40.

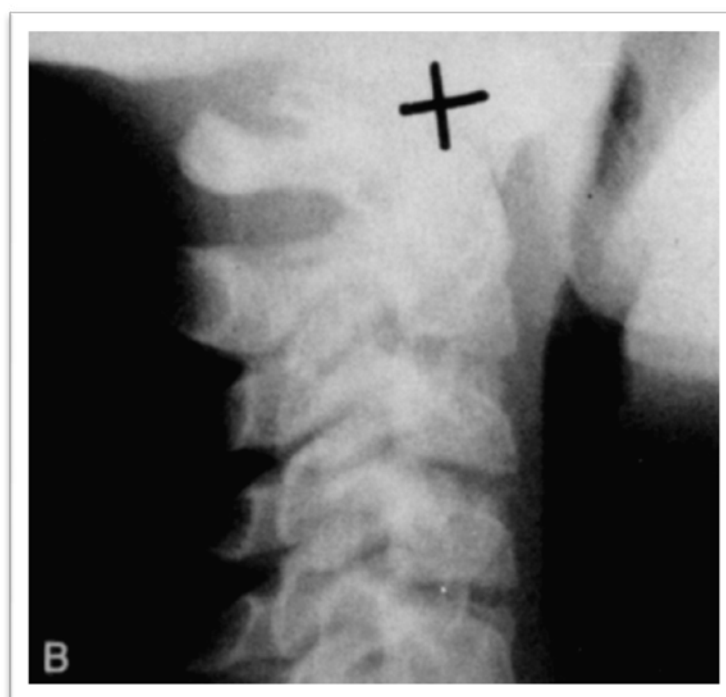


**ANEXO 1**

**ESTADIOS DE MADURACIÓN CERVICAL SEGÚN HASSEL Y FARMAN.**



**INICIACIÓN**



**ACELERACIÓN**



TRANSICIÓN



DESACELERACIÓN



**MADURACIÓN**



**FINALIZACIÓN**

## ANEXO 2

**ESTADIOS DE MADURACIÓN CERVICAL SEGÚN SAN ROMÁN et al:  
CONSIDERANDO LA CONCAVIDAD EN EL BORDE INFERIOR VERTEBRAL.**



**ESTADIO 1**



**ESTADIO 2**



**ESTADIO 3**



**ESTADIO 4**



**ESTADIO 5**



**ESTADIO 6**

### ANEXO 3

ESTADIOS DE MADURACIÓN CERVICAL SEGÚN SAN ROMÁN et al:  
CONSIDERANDO LA ALTURA DEL CUERPO VERTEBRAL.



**ESTADIO 1**



**ESTADIO 2**



**ESTADIO 3**



**ESTADIO 4**



## ANEXO 4

ESTADIOS DE MADURACIÓN CERVICAL SEGÚN SAN ROMÁN et al:  
CONSIDERANDO LA FORMA DEL CUERPO VERTEBRAL.



*ESTADIO 1*



*ESTADIO 2*



**ESTADIO 3**



**ESTADIO 4**



**ESTADIO 5**



**ESTADIO 6**

## ANEXO 5

### ESTADIOS DE MADURACIÓN CERVICAL SEGÚN BACCETTI et al.



**CS 1**

*(Dos ejemplos)*



**CS 2**

*(Dos ejemplos)*



**CS 3**

*(Dos ejemplos)*



**CS 4**

*(Dos ejemplos)*



**CS 5**  
(Dos ejemplos)



**CS 6**  
(Dos ejemplos)

## ANEXO N° 6



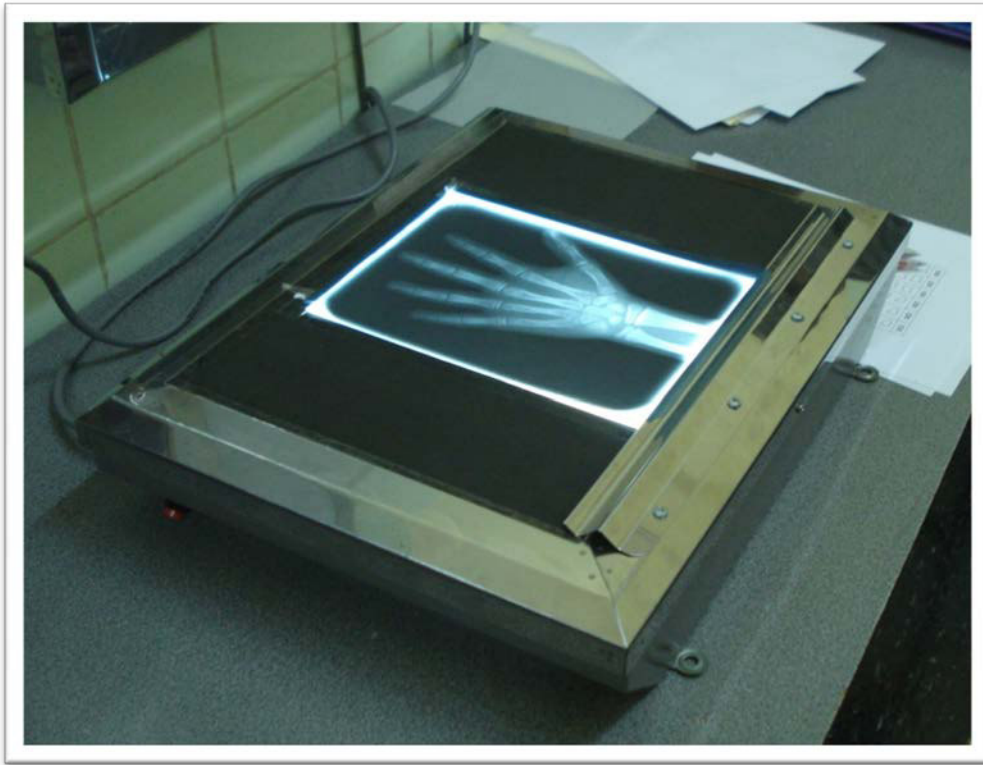
Equipo Cranex  
Tome Ceph



Técnica para la toma de  
radiografía cefalométrica



## ANEXO N° 7



Acondicionamiento  
del negatoscopio



Trazado de  
cefalogramas



## ANEXO N° 8

### FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

N°

HISTORIA CLÍNICA: \_\_\_\_\_ FECHA DE ATENCIÓN: \_\_\_\_\_

NOMBRE: \_\_\_\_\_

FECHA DE NACIMIENTO: \_\_\_\_\_ EDAD: \_\_\_\_\_ años

SEXO: MASCULINO ☐ FEMENINO ☐

FECHA DE TOMA DE IMÁGENES: CEFALOMÉTRICA \_\_\_\_\_ CARPAL \_\_\_\_\_

#### ESTADIO DE MADURACIÓN CARPAL SEGÚN BJÖRK GRAVE Y BROWN

		<b>R=</b> 		<b>R cap</b> 				
		<b>H - 1</b> 	<b>H - 2</b> 	<b>PP1 cap</b> 				
<b>PP2=</b> 	<b>MP3=</b> 	<b>Pisi</b> 	<b>S</b> 	<b>MP3 cap</b> 	<b>DP3u</b> 	<b>PP3u</b> 	<b>MP3u</b> 	<b>Ru</b> 
<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>B4</b>	<b>B5</b>	<b>B6</b>	<b>B7</b>	<b>B8</b>	<b>B9</b>

#### ESTADIO DE MADURACIÓN CERVICAL SEGÚN BACCETTI et al.

<b>CS1</b>	<b>CS2</b>	<b>CS3</b>	<b>CS4</b>	<b>CS5</b>	<b>CS6</b>